

NOV 23 '60

# HYDROBIOLOGIA

ACTA HYDROBIOLOGICA HYDROGRAPHICA ET  
PROTISTOLOGICA

EDITORES:

Gunnar Alm Drottningholm	U. d'Ancona Padova	Kaj Berg København	E. Fauré-Fremiet Paris
Fr. Gessner München	H. Järnefelt Helsinki	C. H. Mortimer Millport	
G. Marlier Congo-belge	P. van Oye Gent	W. H. Pearsall London	W. R. Taylor Ann Arbor
K. Ström Oslo	M. Uéno Kyoto	N. Wibaut-Isebree Moens Amsterdam	

Secretary: Prof. Dr. P. van Oye  
St. Lievenslaan 30 Gent Belgium



HYDROBIOLOGIA publishes original articles in the field of Hydrobiology, Limnology and Protistology. It will include investigations in the field of marine and freshwater Zoo- and Phytobiology, embracing also research on the Systematics and Taxonomy of the groups covered. Preliminary notices, polemics, and articles published elsewhere will not be accepted. The journal, however, contains reviews of recent books and papers.

Eight numbers of the journal are published every year. Each number averages about 100 pages. Contributions must be clearly and concisely composed. They must be submitted in grammatically correct English, French, German, Italian or Spanish. Long historical introductions are not accepted. Protocols should be limited. Names of animals and plants must be given according to the laws of binominal nomenclature adopted at the recent International Congresses of Zoology and of Botany, including the author's name; it is desirable that the latter should be given in full. Measures and weights should be given in the decimal system. Every paper has to be accompanied by a short summary, and by a second one, written in an alternative language.

Manuscripts should be typewritten in double spacing on one side of the paper. The original should be sent. Original drawings should be submitted. Text figures will be reproduced by line engraving and hence should not include any shading, although figures which cannot be reproduced in this manner will be accepted if necessary. All drawings should be made on separate sheets of white paper, the reduction desired should be clearly indicated on the margin. The approximate position of test-figures should be indicated on the manuscript. A condensed title, should be cited as follows: in the text — AHLSTROM (1934); in the references — AHLSTROM, E. H., 1934. Rotatoria of Florida; *Trans. Amer. Micr. Soc.* 53: 252—266. In the case of a book in the text — HARVEY (1945); in the references — HARVEY, H. W.: Recent Advances in the Chemistry and Biology of Sea Water, Cambridge Univ. Pr., London 1945. Author's names are to be marked for printing in small capitals, latin names of animals and plants should be underlined to be printed in italics.

The various types of printing should be indicated by underlining the words in the following way:

===== CAPITALS, e.g. for headlines; preferably *not* in the text.

~~~~~ or straight blue line: SMALL CAPITALS, e.g. *all* names of persons, both in the text and in the references.

----- heavy type, e.g. for sub-titles; preferably *not* in the text.

~~~~~ or straight red line: *italics*, e.g. *all* Latin names of plants and animals, except those in lists and tables.

----- spaced type.

Manuscripts may be sent to any member of the board of editors or directly to the secretary, Prof. Dr. P. van Oye, 30, St. Lievenslaan, Ghent, Belgium, to whom proofs must be returned after being clearly corrected. Fifty free reprints of the paper with covers will be furnished by the publishers. Orders for additional copies should be noted on the form which is enclosed with the galleyproofs.

*Books and reprints are to be sent to the honorary secretary directly.*

Contribution à la connaissance de l'origine,  
du métabolisme, et des propriétés biologiques,  
pour les Algues, des sels minéraux et composés  
organiques dissous dans les collections  
d'eau naturelles stagnantes

par

GISELE FARRUGIA - FOUGEROUSE

Centre de Recherches Hydrobiologiques du C.N.R.S. à Gif sur  
Yvette (Seine et Oise).

SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| I. - INTRODUCTION . . . . .  | 3  |
| II. METHODES DE TRAVAIL . . . . .  | 4  |
| a) - choix des collections d'eau à étudier   |    |
| b) - méthodes d'analyses chimiques   |    |
| 1° - choix des méthodes  |    |
| 2° - critique des méthodes   |    |
| c) - tests biologiques   |    |
| d) - comptages bactériens  |    |
| III. LES BACTERIES AEROBIES DES COLLECTIONS<br>D'EAU NATURELLES . . . . .  | 11 |
| IV. VARIATIONS SAISONNIERES DES BACTERIES<br>AEROBIES DANS LES COLLECTIONS D'EAU<br>NATURELLES . . . . .                     | 12 |
| V. CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DU<br>NOMBRE DES BACTERIES AEROBIES DANS LES<br>COLLECTIONS D'EAU NATURELLES . . . . . | 12 |
| VI. ORIGINES ET COMPOSITION CHIMIQUE DES<br>EAUX NATURELLES . . . . .  | 14 |
| a) - eaux météoriques  |    |
| b) - eaux de ruissellement   |    |

|   |    |
|---|----|
| c) - eaux de sources  |    |
| VII. - PROPRIETES BIOGENIQUES, POUR LES ALGUES, DES EAUX DE CES DIFFERENTES ORIGINES . . . . .                      | 19 |
| a) - eaux météoriques   |    |
| b) - eaux de sources  |    |
| c) - eaux de ruissellement  |    |
| VIII. - VARIATIONS SAISONNIERES DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX NATURELLES STAGNANTES . . . . .                 | 35 |
| a) - variations des phosphates  |    |
| b) -     "     " nitrates   |    |
| c) -     "     de l'ammoniaque  |    |
| d) -     "     des nitrites   |    |
| e) -     "     du calcium   |    |
| f) -     "     du magnésium   |    |
| g) -     "     du résidu sec à 180°   |    |
| h) -     "     des matières organiques dissoutes  |    |
| i) -     "     du pH  |    |
| IX. - CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX NATURELLES STAGNANTES . . . . .        | 42 |
| a) - adsorption par la vase   |    |
| b) - influence du plancton et des Bactéries   |    |
| c) - cycle théorique des substances dissoutes dans un étang   |    |
| d) - causes des perturbations de ce cycle théorique   |    |
| e) - essai d'interprétation des variations de la composition chimique des eaux                                      |    |
| X. - VARIATIONS SAISONNIERES DES PROPRIETES BIOGENIQUES DES EAUX POUR LES ALGUES . . . . .                          | 61 |
| XI. - CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DES PROPRIETES BIOGENIQUES, POUR LES ALGUES, DES EAUX NATURELLES . . . . . | 63 |
| XII. - DISCUSSION . . . . .   | 68 |
| XIII. - CONCLUSION . . . . .  | 71 |

## I. INTRODUCTION

Je tiens tout d'abord à présenter mes respectueux remerciements à Monsieur le Directeur du Centre National de la Recherche Scientifique qui m'a autorisée à effectuer ce travail dans un laboratoire du Centre.

Je rends hommage à la mémoire de Monsieur A. PACAUD, Chef de Travaux à la Sorbonne, qui m'a initiée aux travaux de recherche avec tant de bienveillance.

Ce travail a été effectué à l'instigation de Monsieur M. LEFEVRE, Directeur du Centre de Recherches Hydrobiologiques du C.N.R.S., à qui je tiens à présenter ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je prie Monsieur le Professeur FELDMANN, Président et Rapporteur à cette soutenance, Messieurs les Professeurs MOYSE, GUINOCHE et VILLERET, Membres du Jury, d'accepter mes respectueux remerciements.

Ce travail a pu être publié grâce à l'amabilité et à la bienveillance de Monsieur le Professeur VAN OYE que je remercie ici très chaleureusement.

En hydrobiologie des travaux récents ont montré que les microphytes (Bactéries, Copépodes, Rotifères, etc...), toujours présents dans les collections d'eau naturelles stagnantes, excrètent des substances biologiquement actives qui, favorisant ou inhibant la croissance ou la multiplication cellulaire, jouent au point de vue écologique un rôle au moins aussi important que les sels minéraux dissous.

Dans un milieu aussi confiné que le milieu aquatique, les êtres vivants réagissent étroitement les uns sur les autres, soit par leurs produits d'excrétion, soit par la prédation, soit par des phénomènes d'ordre mécanique.

Il est donc manifestement impossible d'étudier dans un biotope donné la biologie d'un groupe d'espèces végétales (Algues par exemple) sans étudier parallèlement le comportement des Bactéries et des animaux du plancton.

Des espèces d'Algues peuvent apparaître massivement, en effet, sous l'influence des substances favorisantes fournies par la décomposition de substances organiques par les Bactéries (Eugléniens, par exemple). Elles peuvent au contraire disparaître très rapidement sans que la composition chimique du milieu ait changé, mais par le simple effet d'un zooplancton en pleine multiplication.

Dans ce travail nous avons cherché à établir des relations entre la composition chimique des eaux et la présence des Bactéries, du phytoplancton et du zooplancton.

Pour ce faire, nous avons choisi plusieurs étangs de type très différent: nous avons d'abord étudié la composition chimique et les

propriétés biologiques des eaux de remplissage (eaux météoriques, eaux de ruissellements, eaux de sources). Puis nous avons suivi pendant deux ans l'évolution saisonnière de la composition chimique des eaux de ces étangs, celle des Bactéries, du phytoplancton et du zooplancton.

Tout ceci nous a conduit à opérer un nombre considérable de posages chimiques; nous n'avons dosé que globalement les matières organiques sans pouvoir séparer leurs constituants. En effet, des essais de détermination par chromatographie des substances organiques actives dans nos eaux se sont montrés négatifs. Nous connaissons la raison de cet échec: ces substances n'existant qu'à l'état de faibles traces, il aurait fallu pouvoir concentrer sous vide des quantités considérables de liquide avant d'effectuer les analyses.

Connaissant désormais l'importance capitale des substances organiques dissoutes en écologie hydrobiologique, nous nous proposons de reprendre ultérieurement la question par d'autres méthodes: méthode biologique des milieux carencés, par exemple.

## II. METHODES DE TRAVAIL

### a) - CHOIX DES COLLECTIONS D'EAU À ÉTUDIER

La microflore et la microfaune des étangs sont fort variables et différentes suivant qu'on considère une collection d'eau à pH acide, peu variable, voisin de 6,4: type étang de forêt, ou à pH variable alcalin pouvant passer au cours d'une journée d'été de 7 le matin à 9,5 dans la soirée (étang de plaine).

Il est évident que le métabolisme des substances chimiques dissoutes dans les eaux de ces deux types d'étang est différent en raison des substances „tampon” présentes dans les uns, et absentes dans les autres.

Nous verrons plus loin que nous n'attribuons pas à la valeur du pH en elle-même une importance capitale. Par contre sa fixité ou sa variabilité nous paraissent fournir une indication beaucoup plus importante, bien que personne ne connaisse très exactement les causes de cette fixité ou de cette variabilité.

Nous avons donc choisi, dans la région de Rambouillet, pour effectuer nos observations, plusieurs étangs dont les types déterminés par la nature du fond et la qualité des eaux de remplissage, se rapprochaient des extrêmes.

Nous avons également suivi des étangs de type intermédiaire, à pH neutre fixe, ou à eaux lentement renouvelées.

Ce sont:

- l'étang de „*La Plaine*”, alimenté par ruissellements sur prairies

et terres cultivées. Cet étang, d'une surface d'environ 2,5 hectares, et d'une profondeur d'1 mètre, est à pH assez variable. Le fond n'est recouvert que d'une faible couche de vase.

– l'étang de „Coupé Gorge”, alimenté uniquement par ruissellements sur sols forestiers, a une superficie d'environ 3 hectares, et une profondeur moyenne d'1,5 mètre. Il présente un type d'étang de forêt à eau acide et pH peu variable. Le fond est recouvert d'une épaisse couche de vase.

– une mare dite „Le Trou”, située dans un bois, alimentée par des eaux météoriques et de ruissellement en provenance d'une étroite zone de son pourtour.

– l'étang de „La Tour”, alimenté à la fois par des eaux de ruissellement sur sols cultivés et sur sols forestiers. Etang à pH presque fixe, neutre: 7.

La surface de cette pièce d'eau est d'environ 25 hectares, et sa profondeur moyenne de 2,5 à 3 mètres.

– les „Canaux” du Parc Présidentiel de Rambouillet: surface 15 hectares, profondeur moyenne 1,20 mètre, alimentés par des sources très minéralisées. L'eau des Canaux est à pH alcalin et variable.

Des prélèvements d'eau en vue des analyses chimiques et biologiques, des récoltes de phytoplancton et de zooplancton, des mesures de température et de pH, ont été faits, au cours de plusieurs années, dans ces différentes collections d'eau aussi régulièrement que le permettaient les moyens matériels dont nous disposions à cette époque.

## b) – MÉTHODES D'ANALYSES CHIMIQUES

### 1°. choix des méthodes

Nous avons effectué un choix de méthodes de dosage des principaux éléments minéraux susceptibles de se trouver dans les eaux naturelles.

Nous avons employé au maximum, dans le cadre de sensibilité que nous recherchions, les méthodes colorimétriques, à cause de la rapidité d'exécution: toutes les mesures ont été faites à l'aide d'un spectrophotomètre „Unicam”.

Nous avons donc choisi les méthodes suivantes:

– pH: effectué sur le terrain lors des prélèvements, méthode colorimétrique classique avec le „Lovibond comparator”.

– degré hydrotinétrique total: dosage à la liqueur alcoolique de savon de Boutron-Boudet (SIRJEAN, 1951).

– matières organiques: mesurées en oxygène emprunté au permanaganate (10 minutes d'ébullition en milieu acide ou alcalin en présence de  $MnO_4K$  N/80) (SIRJEAN, 1951).

– ammoniaque: méthode de Nessler (SIRJEAN, 1951), (CHARLOT & BEZIER, 1955).

- *nitrites*: méthode de Griess (SIRJEAN, 1951), (CHARLOT & BEZIER, 1955).
- *nitrates*: méthode de Granval-Lajoux à l'acide sulfo-phénique (SIRJEAN, 1951), (CHARLOT & BEZIER, 1955).
- *phosphates*: méthode de Fiske et Subbarow (1925) par réduction à l'acide 1 amino - 2naphtol - 4 sulfonique du phosphomolybdate formé (DELSAL & MANHOURI, 1955).
- *calcium et magnésium*: méthode au Complexon III ou versénate (MESTAYER, 1950), (BIEDERMANN & SCHWARZENBACH, 1948).
- *fer*: méthode à l'orthophénanthroline (STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND SEWAGE, 1946), (CHARLOT & BEZIER, 1955), (MILTON & WATERS, 1955), (CLEMENT DUVAL, 1956).
- *alcalinité totale exprimée en CO<sub>3</sub>*: dosage par l'acide sulfurique N/100 en présence d'hélianthine (SIRJEAN, 1951).
- *sulfates exprimés en SO<sub>3</sub>*: dosage gravimétrique au chlorure de baryum (DIENERD & GUILLERD, 1935).
- *résidu sec à 180°*: effectué sur eau filtrée (MOLLIEX, 1924).

## 2°. critique des méthodes chimiques

### - matières organiques

Il n'existe aucune méthode de dosage global des matières organiques qui soit satisfaisante. La méthode couramment employée est celle qui est basée sur la réduction à chaud par les matières organiques de l'oxygène emprunté au permanganate.

Nous avons employé cette méthode, bien qu'elle ne soit ni très précise ni très fidèle, car, à notre connaissance, il n'en existe pas d'autre: nous avons voulu obtenir en effectuant ces dosages non pas, un chiffre absolu mais un élément de comparaison entre différentes eaux et à des époques différentes.

Cette méthode peut être employée soit en milieu alcalin, soit en milieu acide. Certains auteurs (SIRJEAN, 1951) ont voulu préciser qu'en milieu acide „le permanganate n'attaque que les matières organiques complexes et laisse à peu près intacts les corps tels que l'urée, l'acide benzoïque de l'urine des herbivores, les produits amidés (leucine, etc...)”, alors que ”par contre, c'est en liqueur alcaline que le permanganate attaque ces corps qui se trouvent généralement dans les eaux polluées par des déchets animaux...”

Nous avons effectué précisément des dosages de matières organiques dans des milieux soit purement végétaux, soit purement animaux (d'une part Algues se décomposant dans de l'eau distillée, d'autre part Poissons se décomposant dans de l'eau distillée).

Ces dosages faits à la fois en milieu acide et en milieu alcalin nous ont donné des chiffres qui ne correspondent absolument pas à ces hypothèses. Nous avons toujours obtenu, que ce soit dans les milieux

végétaux ou animaux, des chiffres plus élevés en milieu acide.

Comme, d'autre part, il nous était impossible de transporter d'importantes quantités d'eau des points de prélèvements à notre laboratoire, et que chacun de ces dosages nécessitait l'emploi de 300 cm<sup>3</sup> d'eau à analyser, nous avons choisi d'effectuer le dosage en milieu alcalin, qui est celui fait le plus couramment.

Nous avons également constaté lors d'une série d'essais faits sur une eau d'étang assez chargée en matières organiques, qu'un excès de permanganate plus important (en faisant varier par exemple la concentration de la solution de permanganate) nous donnait un chiffre également plus important de matières organiques.

Or WILBAUX (1952) a comparé les différentes manières d'opérer pour cette même méthode. Il en déduit que l'excès présent du permanganate et le temps d'ébullition ont une grande importance, et que si cette méthode est excellente pour des eaux normales, elle ne peut être appliquée aux eaux très riches en matières organiques, qu'en standardisant rigoureusement la technique opératoire.

C'est également l'opinion de VILLERET (1955) qui écrit: „la signification de ce dosage est inconnue, et les résultats ne sont comparables que si on emploie exactement et toujours la même méthode.”

C'est ce que nous avons essayé de faire, en opérant toujours dans les mêmes conditions. Nous avons employé une solution de permanganate N/80 dont 1 cm<sup>3</sup> fournit 0,1 mg d'oxygène, et le chauffage ayant une assez grande importance tous nos dosages ont été faits sur une plaque chauffante qui nous permettait d'obtenir l'ébullition en 5 minutes et une ébullition très douce.

Moyennant ces conditions nous pensons avoir obtenu des chiffres sinon très précis du moins comparables entre eux.

#### - Azote

Nous avons choisi pour les azotes, ammoniacal, nitreux, et nitrique, des méthodes colorimétriques pour la rapidité d'exécution. Très certainement les micro-Kjeldhals nous auraient donné des chiffres plus précis, mais étant donné le nombre d'analyses effectuées simultanément, il nous était matériellement impossible d'opérer par ces méthodes.

D'autre part nos eaux étant généralement incolores ou très peu colorées, nous n'avons pas eu les difficultés dont parle VILLERET (1955), qui n'a pas employé ces méthodes à cause de la coloration jaune des eaux qu'il analysait.

*- azote ammoniacal en NH<sub>3</sub>*

Le réactif de Nessler est très sensible, et permet d'atteindre les traces d'ammoniaque.

Pour les eaux chargées en sels minéraux nous avons employé un déféquant avant de pratiquer la réaction afin d'éviter la précipitation des sels calcaires et magnésiens (SIRJEAN, 1951).

*- azote nitreux*

La méthode est peu précise mais permet de déceler des traces (CHARLOT & BEZIER, 1955).

*- azote nitrique*

La réaction colorimétrique n'est pas spécifique. Elle est également valable pour les nitrites. Si ceux-ci sont présents il faut les éliminer en les réduisant par une solution acétique d'urée (SIRJEAN, 1951).

*- phosphates*

Nous avons été amenée à adopter la méthode de dosage des phosphates de FISKE & SUBBAROW (1925), en nous placant à un pH assez bas pour éliminer les causes d'erreur apportée par la présence de la silice.

La réduction est faite avec une solution d'acide 1 amino-2 naphtol-4 sulfonique.

Cette méthode nous a donné entière satisfaction tant par sa précision que par sa sensibilité (sensibilité 0.05 mg/litre).

On peut d'ailleurs encore augmenter cette dernière en opérant par chauffage et par extraction au n-Butanol (DELSAL & MANHOURI, 1955).

*- calcium et magnesium*

La méthode de dosage volumétrique du calcium et du magnésium par une solution N/50 du sel disodique de l'acide éthylèndiamine tétraacétique, appelé versénate, que nous avons choisie, a été publiée par MESTAYER (1950).

Elle est basée sur la propriété qu'a le versénate de se combiner aux ions Ca++ et Mg++ pour donner des complexes solubles.

On effectue un premier dosage du calcium et du magnésium, un deuxième du calcium seul, et on obtient le magnésium par différence.

Cette méthode est suffisamment précise pour ce que nous voulions obtenir; on peut d'ailleurs augmenter sa précision en concentrant les eaux pauvres en calcium et magnésium.

La seule critique que nous pouvons faire est la suivante: si le virage du rose au bleu du premier dosage (Ca+ Mg), en présence de noir ériochrome T comme indicateur, est très facile à voir puisque une

goutte de versénate en excés donne une coloration verte, par contre, dans notre cas, le virage du deuxième dosage „jusqu'à ce que la moindre trace de la coloration rose de l'essai ait disparue” (MESTAYER, 1950), en présence de murexide comme indicateur, a été très difficile à voir.

En effet, probablement à cause de la présence des matières organiques dans nos eaux, nous n'avons pu obtenir qu'un virage du mauve-rose au mauve-bleu.

Très certainement cela a diminué la sensibilité de la méthode. Nous l'avons quand même employée puisqu'ainsi que nous l'avons dit pour les matières organiques nous voulions surtout obtenir un élément de comparaison entre différentes eaux et à différentes époques.

#### *-fer*

Nous avons choisi pour doser le fer la méthode colorimétrique à l'orthophénanthroline de préférence à celle au thiocyanate, cette dernière n'étant pas spécifique du fer, et les complexes thiocyanés formés étant peu stables.

La méthode à l'orthophénanthroline est spécifique; elle permet le dosage de faibles traces, et surtout la coloration est stable, et indépendante du pH entre 2 et 9 (STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND SEWAGE, 1946), (CHARLOT & BEZIER, 1955), (MILTON & WATERS, 1955) (CLEMENT DUVAL, 1956).

De nombreux ions gênent: pour une colorimétrie approximative (+ ou — 1 à 2% près) il suffit de se placer à un pH convenable.

Mais tel n'était pas notre cas, car dans nos eaux tous les ions qui pouvaient interférer la réaction se trouvaient présents à des taux très faibles.

Nous avons donc employé le mode opératoire classique sans modification.

#### c) – TESTS BIOLOGIQUES

De par leur composition chimique minérale et organique, les diverses eaux de remplissage des étangs possèdent des qualités biologiques qui leur sont propres. Nous avons cherché à déterminer la valeur de ces qualités pour les Algues qui, du fait qu'elles sont à la base même de toute vie animale aquatique, revêtent une importance primordiale en hydrobiologie.

Pour ce faire nous opérions de la façon suivante:  
l'eau à essayer était répartie, après filtration sur filtres Durieux bleus lavés, dans de petites boîtes de Pétri stériles à raison de 10 cm<sup>3</sup> de liquide par boîte.

ces boîtes étaient inoculées d'Algues en provenance de l'Algothéque du Centre de Recherches Hydrobiologiques: souches unialgales cloniques.

Des espèces de groupes très différents (Protococcales, Conjuguées, Cyanophycées, Diatomées) furent choisies.

Ce sont:

- *Cosmarium Lundellii* DELP.
- *Cosmarium oblongatum* SCHMIDLE.
- *Micrasterias papillifera* BREB.
- *Nitzschia palea* (KURTZ.) W. SMITH.
- *Phormidium uncinatum* (AGARDH) GOMONT.
- *Scenedesmus oahuensis* LEMM.
- *Ankistrodesmus falcatus* (CORDA) RALFS.
- *Selenastrum minutum* (NAEG.) COLL.
- *Pediastrum clathratum* var. *punctulatum* (SCHROTER) LEMM.
- *Closterium acerosum* SCHRANK.

La série des boîtes en expérience et une série „témoin” étaient alors exposées à un éclairage nord et à la température du laboratoire (20°—22°C), ou encore à celui d'une rampe électrique fournissant 2.000 lux sur la paillasse.

Un contrôle microscopique fréquent permettait d'apprécier les qualités biologiques des eaux essayées en se basant:

- sur la fréquence des divisions (par rapport aux témoins)
- sur la couleur des chloroplastes ou des pigments (Cyanophycées).
- sur l'état des chloroplastes et autres inclusions cytoplasmiques: substances de réserve, vacuoles, globules lipidiques, corpuscules trépidants chez les Desmidiacées, etc... .

Pour mettre en évidence l'action possible des substances organiques, sachant que celles-ci peuvent être thermolabiles ou adsorbables par le charbon activé, nous avons répété les expériences ci-dessus avec:

- les eaux filtrées, puis maintenues 45 minutes à l'ébullition avec réfrigérant à reflux.
- les eaux filtrées agitées avec du charbon végétal lavé, puis refiltrées.
- les eaux simplement filtrées.

#### d) — COMPTAGES BACTÉRIENS

Dans un précédent travail effectué en collaboration avec M. LEFÈVRE, nous avons montré que la décomposition spontanée par les Bactéries, de substances organiques solides (chair de poisson, Algues) fournissait des substances extrêmement actives sur les Algues, soit qu'elles en permettent à elles seules une excellente multiplication,

soit qu'au contraire elles en provoquent l'inhibition, voire la destruction.

Il était donc évident que les produits de la destruction par les Bactéries des cadavres d'animaux et végétaux présents dans les collections d'eau naturelles pouvaient avoir une importance au point de vue écologique.

C'est pourquoi nous avons cherché à utiliser les résultats des comptages de Bactéries effectués dans nos étangs d'expériences et publiés dans un travail de M. LEFEVRE et avec la collaboration de L. GOLDSTEIN.

Ces comptages bactériens ont été faits sur milieux solides en boîtes de Roux. Les milieux utilisés ont été les suivants:

- eau même de l'étang additionnée de gélose.
- milieu de LEFEVRE pour Algues, „L + C”.
- milieu au caséinate de sodium.

On trouvera dans le travail de M. LEFEVRE la critique de cette méthode et de la valeur de ces milieux.

### III - LES BACTERIES AEROBIES DES COLLECTIONS D'EAU NATURELLES

Ces Bactéries proviennent des eaux météoriques et de ruissellement ou sont introduites par le vent et les animaux.

Toutes les Bactéries introduites dans une collection d'eau ne parviennent pas à s'y maintenir et à s'y multiplier. Il faut en effet qu'elles trouvent à l'arrivée des conditions convenant à leur nature.

Il existe des Bactéries autotrophes en petit nombre, mais la grande majorité est hétérotrophe. Dans notre laboratoire, ce sont surtout les Bactéries hétérotropes planctoniques qui ont été étudiées.

Morphologiquement, elles se présentent le plus souvent sous forme de cocci ou de bâtonnets plus ou moins longs, à bouts plus ou moins arrondis, parfois associés en courtes chaînes. Certaines d'entre elles sont mobiles.

Nous avons très souvent observé dans nos eaux d'étangs des Bactéries hétérotropes pigmentées : rouge, orangé, beige-rosé, violet, jaune, jaune soufre, jaune verdâtre. Leur nombre ne semble pas dépasser 60 % de la population totale dans les conditions les plus favorables.

Sur 25 souches étudiées au laboratoire, d'une façon plus approfondie, 4 seulement étaient Gram +, 7 réduisaient les nitrates, 2 se montraient plus ou moins protéolytiques.

La recherche des Azotobacter sur silico-gel ou en milieu liquide par la méthode de Pochon et Tchan a été négative dans tous les cas.

Par contre on rencontre toute l'année et dans toutes les stations des cellulolytiques: *Cytophaga* ocre et rose, et *Cellvibrio*.

Les Bactéries jouent dans la nature de multiples rôles: elles dégradent la matière organique pour la ramener à l'état minéral, et elles servent en même temps de nourriture à certains animaux: Protozoaires (Infusoires en particulier), Cladocères, Rotifères, etc...

La dégradation des matières organiques se fait par paliers, par simplifications successives des grosses molécules. Ceci a une grande importance en hydrobiologie car, si la plupart des Algues sont auto-trophes, beaucoup parmi elles se multiplient mieux et plus rapidement si on leur fournit des substances organiques relativement simples: ce sont les mixotrophes.

Enfin, les Bactéries excretent également des substances qui peuvent être inhibitrices pour les Algues, même à dose très faible.

Toutes ces substances sont spécifiques, c'est à dire qu'elles ont des actions différentes, même parfois opposées, suivant les espèces d'Algues sur lesquelles on les fait agir.

Les Bactéries anaérobies de la vase de nos étangs d'expérience n'ont pas été étudiées.

#### IV – VARIATIONS SAISONNIERES DES BACTERIES AÉROBIES DANS LES COLLECTIONS D'EAU NATURELLES

Le nombre des Bactéries aérobies planctoniques est loin d'être constant dans les collections d'eau stagnantes.

Le tableau I est le résultat d'un certain nombre de comptages faits dans des conditions identiques, à différentes époques des années 1954 et 1955, sur les eaux d'étangs de type différent.

Ce tableau montre que dans tous les étangs quel que soit leur type (étang de plaine, étang de forêt, mare polluée, étang à eau lentement renouvelée) le maximum des Bactéries se situe en mai-juin.

Un second maximum plus faible semble apparaître en janvier-février, puis un troisième beaucoup plus faible encore en octobre.

#### V – CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DU NOMBRE DES BACTERIES DANS LES COLLECTIONS D'EAU NATURELLES

Ces causes sont assez difficiles à définir, cependant on peut penser ceci:

– En janvier et février les eaux de ruissellement souvent abondantes, lavant les terres toujours riches en Bactéries, en introduisent une forte proportion dans les étangs d'où leur nombre assez élevé au milieu de l'hiver.

– Elles sont cependant peu actives en raison de la basse température, et ne semblent pas pouvoir se multiplier rapidement au détri-

TABLEAU I  
Nombre de bactéries par centimètre cube

| Mois      | Plaine<br>1955 | Coupe Garg<br>1955 | Trou<br>1955 | Tour<br>1954 | Ferme<br>Nationale<br>1954 | Brang d'Or<br>1954 | Canaux<br>1955 |
|-----------|----------------|--------------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------------|----------------|
| Janvier   | 100.000        | 16.500             |              |              |                            |                    |                |
| Février   | 155.000        | 25.000             | 10.000       |              |                            |                    |                |
| Mars      | 16.000         | 3.000              | 12.500       | 770          | 7.800                      | 1.570              |                |
| Avril     | 20.900         | 10.000             | 33.200       | 1.830        | 2.100                      | 13.750             | 4.400          |
| Mai       |                | 10.000             |              | 10.000       | 235.000                    |                    | 117.500        |
| Juin      | 900.000        | 65.000             | 700.000      | 35.500       | 91.500                     | 57.000             | 312.000        |
| Juillet   | 33.000         |                    | 14.300       | 12.200       | 13.250                     | 11.400             | 11.750         |
| Août      |                |                    |              | 8.400        | 35.500                     | 14.700             | 31.750         |
| Septembre | 14.250         | 2.000              | 38.000       |              |                            |                    | 4.500          |
| Octobre   | 27.000         |                    | 3.400        | 73.000       |                            |                    | 1.100          |
| Décembre  | 11.000         |                    | 2.100        | 6.700        |                            |                    | 9.300          |

ment des substances organiques introduites par les eaux de ruissellement. Utilisées par le zooplancton d'hiver (qui n'a guère d'autre nourriture à cette époque puisque les Algues utilisables sont rares) elles tendent à disparaître plus vite qu'elles ne se multiplient.

– Enfin, toutes les Bactéries en provenance des terres ne trouvent pas nécessairement dans les eaux les substances dont elles auraient besoin pour une subsistance prolongée.

– En mai-juin au contraire la température est élevée une grande activité se manifeste dans les eaux, les Algues pullulent, nourrissent abondamment le zooplancton qui progresse très rapidement.

– Les déjections de ce zooplancton fournissent un aliment de choix aux Bactéries.

– Les poissons qui consomment en abondance le zooplancton fournissent également de très importantes déjections putrescibles alimentant les Bactéries.

– Ces différents facteurs peuvent expliquer pourquoi leur nombre croît alors considérablement.

– La décroissance en juillet et août peut également s'expliquer comme suit:

en raison de l'intense activité des prédateurs en juin le zooplancton est en très nette régression et même souvent fort pauvre. Ses déjections et celles des prédateurs qui le consomment sont donc beaucoup moins abondantes. Les Bactéries ne trouvent plus matière à se multiplier avec la même rapidité.

– La nouvelle mais légère augmentation du nombre de Bactéries constatée dans un certain nombre d'étangs en septembre-octobre s'explique encore par une recrudescence du zooplancton. En effet, on sait que le zooplancton présente deux maxima, l'un d'été, très élevé, l'autre d'automne beaucoup moins important: on constate d'ailleurs que le nombre de Bactéries présentes en septembre-octobre est beaucoup plus réduit qu'en mai-juin.

## VI – ORIGINES ET COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX NATURELLES

Les eaux de remplissage des mares et étangs peuvent avoir les origines suivantes:

- eaux météoriques (pluie et neige).
- eaux de ruissellement.
- eaux d'infiltration (sources).

Nous avons analysé un certain nombre d'eaux de ces diverses provenances, afin d'étudier sur les Algues les effets de leur composition chimique.

### a) - EAUX MÉTÉORIQUES

Nous avons recueilli des eaux de pluie en hiver, au printemps, et en été (orages), de la neige en hiver.

Les précautions suivantes ont été prises: récolte des eaux après abondante chute d'une heure, pour attendre que l'atmosphère soit lavée; récolte de la neige après avoir éliminé la couche superficielle susceptible d'être souillée.

Voici les résultats des analyses de ces différentes eaux:

TABLEAU II

Résultats en mg/litre

| Eaux météoriques                              | Neige  | Pluie d'hiver | Pluie de Printemps | Pluie d'été | Pluie d'été (orage et grêle) |
|---|--------|---------------|--------------------|-------------|------------------------------|
| pH  | 7      | 6,2           | 6,6                | 7           | 7,4                          |
| Degré Hydrométrique<br>DH                     | 2°     | I°            | I°                 | I,5°        | I°                           |
| Matières organiques en milligrammes d'oxygène | I,5    | 2,3           | 2,5                | I           | I,5                          |
| Phosphates en PO <sub>4</sub>                 | 0      | 0,4           | 0,3                | 0,1         | 0,2                          |
| Azote ammoniacal en NH <sub>3</sub>           | traces | 0,3           | 0,15               | 0,5         | 0,5                          |
| Azote nitreux en NO <sub>2</sub>              | traces | 0,3           | 0,1                | 0,3         | 0,1                          |
| Azote nitrique en NO <sub>3</sub>             | traces | traces        | traces             | traces      | 0,8                          |
| Calcium en Ca                                 | I,3    | 2,4           | 2,8                | I,6         | 2                            |
| Magnesium en Mg                               | 0,6    | 0,25          | 0,3                | 0,4         | 0,4                          |
| Fer en Fe                                     | traces | traces        | traces             | traces      | traces                       |
| Résidu sec à 180°                             | 7      | 9             | 18                 | 23          | 36                           |

### b) - EAUX DE RUISELLEMENT

Nous avons étudié la composition de ces eaux dans deux cas bien distincts: ruissellement sur prairies et sols cultivés à l'étang de „La Plaine”, ruissellement sur sols exclusivement forestiers à l'étang de „Coupe Gorge”.

A l'étang de „La Plaine” les eaux ruisselant sur les terrains environnants se rassemblent dans des fossés, et parviennent à l'étang en

deux endroits que nous avons nommés, pour la commodité de l'exposé: arrivée droite et arrivée gauche.

Des prélèvements ont été faits en ces deux points pendant toute la période de ruissellement, c'est à dire de janvier à mars en 1955.

Nous avons aussi effectué en janvier deux prélèvements directement dans des fossés recevant des eaux de ruissellement sur des terres cultivées différentes, ces fossés se déversant eux-mêmes dans l'arrivée gauche de l'étang de „La Plaine”.

Le tableau III donne les résultats de l'analyse chimique des prélevements.

TABLEAU III

Résultats en mg/litre

| La Plaine                                 | Fossé I : Fossé II : |        | Arrivée : Arrivée |         |      | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | gauche               | gauche | gauche            | droite | gauche            | droite | gauche            | droite | Janvier           | Février | Mars |
| pH  | 6,8                  | 7      | 7,2               | 7,2    | 7                 | 7,2    | 7,6               | 7,1    |                   |         |      |
| Degré Hydrotimétrique DH                  | 5,5°                 | 16,5°  | 12,5°             | 12°    | 6,5°              | 12,5°  | 16°               | 8,5°   |                   |         |      |
| Matières organiques                       | 4,3                  | 4,3    | 3,1               | 2,3    | 5,5               | 4,3    | 3,8               | 4      |                   |         |      |
| Phosphates en P <sub>O</sub> <sub>4</sub> | 0,3                  | 0,8    | 0,2               | 0,2    | 1,2               | 0,8    | 2                 | 1      |                   |         |      |
| Azote ammoniacal en NH <sub>3</sub>       | 0                    | 0      | traces            | traces | traces            | 0      | 0                 | 0      |                   |         |      |
| Azote nitreux en NO <sub>2</sub>          | 0                    | 0      | traces            | traces | traces            | 0      | 0                 | 0      |                   |         |      |
| Azote nitrique en NO <sub>3</sub>         | traces               | 13,2   | 66,3              | 7,5    | 2,2               | 3,1    | traces            | traces |                   |         |      |
| Calcium en Ca                             | 17                   | 58,7   | 57                | 47     | 21,7              | 41,6   | 61,4              | 17,9   |                   |         |      |
| Magnesium en Mg                           | 2,5                  | 5      | 4,4               | 3,7    | 5                 | 5      | 3,4               | 0,8    |                   |         |      |
| Alcalinité en CO <sub>3</sub>             | 24                   | 69     | 36                | 57     | 30                | 60     | 96                | 24     |                   |         |      |
| Fer en Fe                                 | 1                    | 0,8    | 0,2               | 0,2    | 0,8               | 0,8    | traces            | 0,3    |                   |         |      |
| Résidu sec à 180°                         | 569                  | 387    | 282               | 246    | 173               | 297    | 212               | 122    |                   |         |      |

A l'étang de Coupe Gorge le ruissellement a lieu uniquement sur sols forestiers. Les eaux rassemblées dans les fossés arrivent en

## TABLEAU IV

Résultats en milligrammes/litre

| Courte période:<br>GRAND PONT | DH<br>PH | Mat.<br>ORG. | PO4 | NH3 | NO2<br>en CO3 | NO3<br>Alcal.<br>Ca | Mg | Fe   | Ex. Sec |     |    |
|-------------------------------|----------|--------------|-----|-----|---------------|---------------------|----|------|---------|-----|----|
| Octobre                       | 6,6      | 2,5°         | 4,1 | 0,9 | 0,2           | traces              | 2I | II,2 | 4,I     | 0,3 | 70 |
| Décembre                      | 6,3      | 4,5°         | 5,3 | 0,2 | 0             | traces              | I2 | 9,6  | 0,7     | 0,5 | 65 |

Tableau V

Résultats en milligrammes/litre

| Toussaint:<br>PETIT PONT | DH<br>PH | Mat.<br>ORG. | PO4  | NH3 | NO2<br>en CO3 | NO3<br>Alcal.<br>Ca | Mg     | Fe | Ex. Sec |     |      |    |
|--------------------------|----------|--------------|------|-----|---------------|---------------------|--------|----|---------|-----|------|----|
| Janvier                  | 6        | 3,5°         | 3,85 | 0,2 | 0,I           | 0                   | traces | 6  | II      | 2,I | 0,08 | 75 |
| Février                  | 5,2      | 2,6°         | 4,8  | 1,2 | 0,2           | 0                   | traces | I2 | 7,5     | 2   | 0,I  | 73 |
| Mars                     | 5,7      | 3°           | 6    | 0,5 | 0,25          | 0                   | traces | 2I | 8       | I,8 | 0,7  | 72 |
| Avril                    | 7,2      | 4°           | 6,8  | 0,4 | 0             | traces              | traces | 24 | II,1    | 0,2 | I,I  | 75 |
| Juin                     | 6        | 4,5°         | 5,4  | 0,5 | 0             | traces              | traces | I8 | 9,5     | 4,8 | 0,16 | 73 |
| Juillet                  | 6,8      | 4°           | 5    | 0   | 0,25          | traces              | traces | 36 | II,5    | 3,6 | I,4  | 74 |

deux points que nous appellerons: arrivée „grand pont” et arrivée „petit pont”.

L'arrivée „grand pont” ne fournit de l'eau à l'étang que pendant une courte période. Nous n'avons pu effectuer que deux prélèvements en cette station.

Le tableau IV donne les résultats de ces deux analyses chimiques.

L'arrivée „petit pont” dure plus longtemps. Nous avons pu y faire des prélèvements de janvier à juillet. Le tableau V donne les résultats de ces analyses.

Autour des étangs, et à proximité immédiate des bords, on trouve souvent de petites mares isolées dont une partie de l'eau se déverse périodiquement dans l'étang par débordement à l'occasion d'une pluie abondante, ou d'un orage.

Une de ces mares existait en 1955 à l'étang de Coupe Gorge: en raison de la couleur brune de ses eaux nous avons désigné cette mare sous le nom de „mare humique”. Nous en avons analysé deux prélèvements en vue de savoir ce que de telles eaux peuvent apporter, comme substances actives, à un étang.

Les résultats des analyses sont consignés dans le *tableau VI*:

TABLEAU VI  
Résultats en milligrammes/litre

| COUPEGORGE:  |     | Mat.       | PO4  | NO2 | NO3<br>en CO3 | Alcal.<br>Ca | Mg  | Fe | Ex. sec |
|--------------|-----|------------|------|-----|---------------|--------------|-----|----|---------|
| Mare         | pH  | DH<br>org. |      |     |               |              |     |    |         |
| Mare humique |     |            |      |     |               |              |     |    |         |
| Février      | 5,8 | 2          | 15,5 | 8   | 0             | traces       | 15  | 8  | 132     |
| Mars         | 5,8 | 5          | 49,1 | 4   | 8             | traces       | 2,2 | 48 | 199     |
|              |     |            |      |     |               |              |     |    |         |

§ : les phosphates, le calcium, le magnésium et l'ammoniaque n'ont pu être toujours dosés quantitativement, l'eau étant trop colorée pour permettre l'appréciation d'un virage: l'analyse qualitative était positive dans tous les cas.

TABLEAU VII

Résultats en milligrammes/litre

| terre de forêt : |     | DH   | mat. | PO4    | NH3  | NO2 | NO3<br>en CO3 | Alcal.<br>Ca | Mg | Fe | Ex. sec |
|------------------|-----|------|------|--------|------|-----|---------------|--------------|----|----|---------|
|                  |     |      | org. |        |      |     |               |              |    |    |         |
| terre de forêt : | 6   | 5°   | 26   | traces | 6,7  | 0   | 8             | 25,5         | 8  | §  | traces  |
| eau de pluie     |     |      |      |        |      |     |               |              |    |    | II2     |
| terre de forêt : | 5,6 | 5,5° | 30   | 0,9    | 14,5 | 0   | 8             | 36           | 8  | §  | traces  |
| eau distillée:   |     |      |      |        |      |     |               |              |    |    | 198     |

§ : les nitrates, le calcium, le magnésium n'ont pu être dosés quantitativement, l'eau étant trop colorée, mais l'analyse qualitative était positive.

(§: les phosphates, le calcium, le magnésium et l'ammoniaque n'ont pu être toujours dosés quantitativement, l'eau étant trop colorée pour permettre l'appréciation d'un virage: l'analyse qualitative était positive dans tous les cas.)

D'autre part nous avons tenté de voir, expérimentalement au laboratoire, ce qu'une terre de forêt pouvait céder à de l'eau de pluie au cours du ruissellement.

Dans ce but, nous avons fait macérer de la terre prélevée superficiellement en bordure de l'étang de Coupe Gorge pendant 24 heures dans de l'eau de pluie, et nous avons effectué la même expérience avec de l'eau bidistillée. Après filtration, nous avons fait les analyses dont nous donnons les résultats dans le *tableau VII*.

(§: les nitrates, le calcium, et le magnésium n'ont pu être dosés quantitativement, l'eau étant trop colorée, mais l'analyse qualitative était positive.)

### c) - EAUX D'INFILTRATION: SOURCES

La composition des eaux de source est éminemment variable puisqu'elle dépend de la nature géologique des terrains traversés.

Nous avons analysé un certain nombre d'entre elles afin de donner une idée de l'amplitude des variations possibles.

Nous avons donc analysé les eaux de deux sources du parc de Gif sur Yvette, dans lequel est situé notre laboratoire, celle de la source Guénolé située dans les calcaires fissurés à Mamers (Sarthe), celle de la source de Sainte Montaine, située à Brinon sur Sauldre (Cher), et enfin celle d'une source émergeant de terrains granitiques près de Royat (Puy de Dôme).

Voici consignés dans le *tableau VIII* les résultats des analyses.

A titre de renseignements complémentaires nous donnons encore la composition chimique de sources alimentant les pièces d'eau du Domaine Présidentiel de Rambouillet.

Le *tableau IX* donne les résultats des analyses chimiques des sources de Rambouillet.

## VII - PROPRIETES BIOGENIQUES, POUR LES ALGUES, DES EAUX DE CES DIFFERENTES ORIGINES

En principe la composition chimique *minérale* de toutes les eaux étudiées précédemment permettrait la multiplication et la croissance d'un très grand nombre d'Algues appartenant à des groupes très différents.

En effet, il suffit, en cultures de laboratoire, de très faibles quantités de calcium, magnésium, phosphore, azote, soufre, potassium, et oligoéléments (surtout fer) pour permettre la multiplication d'un grand nombre d'Algues.

TABLEAU VIII

Résultats en milligrammes/litre

| Sources   | Gif I  | Gif II | Sainte<br>Montaine | Guénolé | Royat  |
|---|--------|--------|--------------------|---------|--------|
| pH  | 7,2    | 7,1    | 5,9                | 7,6     | 7,1    |
| Degré Hydrométrique<br>DH                           | 24°    | 29°    | 4°                 | 29°     | 3°     |
| Matières organiques<br>en milligrammes<br>d'oxygène | 0,2    | 0,4    | 0,5                | 0,6     | 0,6    |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>                    | 4      | 0,2    | 0,8                | 0,8     | 0,1    |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub>              | 0      | 0      | 0                  | 0       | 0      |
| Azote nitreux<br>en NO <sub>2</sub>                 | traces | traces | 0,1                | 0,6     | traces |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>                | 62     | 8,8    | II                 | I       | 2,2    |
| Calcium<br>en Ca                                    | 82     | 96     | 9,5                | II4     | 8      |
| Magnesium<br>en Mg                                  | 12,6   | 14,3   | 6,8                | 3,1     | 2,4    |
| Alcalinité<br>en CO <sub>3</sub>                    | 120    | 132    | I5                 | I48     | I2     |
| Fer<br>en Fe  | traces | traces | 0,1                | traces  | traces |
| Résidu sec<br>à 180°                                | 400    | 398    | 84                 | 323     | 59     |

TABLEAU IX

Résultats en milligrammes/litre

| Sources     | pH  | DH   | Mat.<br>org. | PO <sub>4</sub> | NH <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> | Ca    | Résidu<br>sec |
|-------------|-----|------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|---------------|
| Rambouillet | 8,4 | 24   | 22,4         | 0,5             | I5I,6           | 50,5            | 228,8           | 8I,5  | 487,5         |
| N° 1        | 7   | 43,5 | 4            | 0,5             | 3               | 70,8            | 22I,2           | I82,5 | 737           |

Beaucoup d'espèces d'Algues possèdent d'ailleurs une remarquable faculté d'adaptation à des conditions biologiques variées, à condition qu'elles ne subissent pas l'influence des produits d'excrétion d'autres espèces.

C'est ainsi qu'au Centre de Recherches Hydrobiologiques, LEFEVRE et LAPORTE ont pu cultiver dans des eaux thermales sulfatées calciques très minéralisées (résidu sec: 2.500 mg/litre), et à une température de 40°C, des espèces d'eau douce dont les conditions habituelles de végétation dans la nature sont: minéralisation moyenne 250 à 300 mg/litre, température moyenne 20 à 22°C: ceci a été réalisable parce que ces cultures étaient unialgales.

Dans la nature au contraire, ces mêmes espèces auraient été éliminées par les produits du métabolisme d'autres espèces plus prolifiques (Cyanophycées) depuis longtemps habituées aux conditions spéciales de minéralisation et de température des griffons.

Inversement, des Algues en provenance d'eaux thermales de Dax (55-60°C) ont été très bien cultivées dans le milieu minéralisé utilisé couramment au laboratoire pour les Algues d'eau douce (résidu sec: 224 mg/litre) et à une température moyenne de 20°C.

Mais, toutes les eaux, quelle que soit leur origine, contiennent également des substances organiques dissoutes, et les travaux récents ont montré que ces substances, même à dose extrêmement faible, pouvaient avoir une action déterminante, favorisante ou inhibitrice - voir létale - sur les Algues.

Cette action est d'ailleurs spécifique, c'est à dire qu'un composé organique nocif pour une certaine espèce d'Algues peut, au contraire, être favorisant pour une autre espèce.

Nous avons, pour apprécier cette activité, utilisé la méthode des tests biologiques, dont la technique a été exposée plus haut.

#### a) — EAUX MÉTÉORIQUES

On peut déduire immédiatement des résultats du *tableau II* que les eaux de pluie et de neige contiennent toutes des sels minéraux, alors qu'on a tendance à les comparer à de l'eau distillée.

Ces eaux ont un pH plus élevé en été, et les matières organiques et l'ammoniaque augmentent à la même époque, mais elles contiennent toutes des matières organiques, des phosphates, et des nitrates.

La neige semble plus pauvre en sels minéraux.

Nous pouvons donc dire que ces eaux de pluie et de neige apportent dans les étangs une certaine quantité de sels minéraux, qui, si elle n'est pas très importante, n'est pas négligeable, car elle constitue tout de même un apport en matières organiques, nitrates et phosphates, éléments importants pour le phytoplancton.

Mais quel peut être le comportement de ces matières organiques vis à vis des Algues?

Pour répondre à cette question nous avons effectué deux séries de tests biologiques, une première série en 1955, une seconde en 1957.

Les résultats en sont consignés dans *le tableau (X)*.

TABLEAU X

|                                 | Pluie hiver 1955: |                      |                      | Pluie hiver 1957      |                      |   |
|---------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---|
|                                 | Témoin L+C        | Eau de pluie filtrée | Eau de pluie filtrée | Eau de pluie bouillie | Eau de pluie charbon | : |
|                                 | :                 | :                    | :                    | :                     | :                    | : |
| <u>Cosmarium Lundellii</u>      | +++               | ++                   | +++                  | ++                    | -                    | - |
| <u>Cosmarium obtusatum</u>      | ++                | +++                  | --                   | -                     | ---                  | - |
| <u>Micrasterias papillifera</u> | +                 | +++                  | +++                  | +                     | -                    | - |
| <u>Pediastrum clathratum</u>    | +                 | +                    | cénobes pulvérisés   | +*                    | ++                   | - |
| <u>Senedesmus oahuensis</u>     | ++                | +                    | +                    | -                     | -                    | - |
| <u>Phormidium uncinatum</u>     | ++                | ---                  | +                    | +++                   | ++                   | - |
| <u>Nitzschia palea</u>          | +++               | --                   | -                    | ---                   | -                    | - |

De l'examen des résultats nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

– 1<sup>ère</sup> série – L'eau de pluie permet une bonne ou même excellente multiplication de *Micrasterias papillifera*, *Cosmarium Lundellii*, *Cosmarium obtusatum*, *Ankistrodesmus falcatus*; une faible multiplication de *Pediastrum clathratum* var. *punctulatum*.

Elle est nocive pour *Nitzschia palea*, et totalement abiotique pour *Phormidium uncinatum*.

En résumé, elle contient suffisamment de sels minéraux pour permettre la multiplication de nombreuses espèces d'Algues, mais probablement aussi assez de matières organiques spécifiquement nocives pour d'autres espèces.

– 2<sup>ème</sup> série – Dans cette série nous avons cherché à prouver que l'action sur la multiplication des Algues des substances organiques dissoutes dans l'eau de pluie n'était pas négligeable.

Nous avons donc tenté de faire disparaître ces substances organiques (présentes dans l'eau de pluie à une dose voisine de 2 mg/litre), soit en les détruisant par la chaleur (si elles sont thermolabiles), soit en les adsorbant par le charbon.

Le tableau X montre bien l'influence non négligeable des substances organiques dissoutes: en ce qui concerne *Pediastrum clathratum* var. *punctulatum*, par exemple, l'eau de pluie 1957 simplement filtrée est peu favorable à la multiplication.

Après destruction d'une partie des matières organiques soit par l'ébullition, soit par adsorption par le charbon, la multiplication est bonne et même supérieure à celle du témoin.

Les substances organiques défavorables à *Pediastrum clathratum* sont au contraire favorables à *Micrasterias papillifera*. En effet, l'eau de pluie simplement filtrée provoque une multiplication de cette espèce supérieure à celle du témoin cultivé dans son milieu L + C habituel, alors qu'après ébullition ou adsorption, la multiplication devient moins bonne.

Enfin, la comparaison de l'action des substances organiques sur les Algues dans les deux séries d'essais faits à deux ans d'intervalle montre que leur nature n'était probablement pas identique.

En effet, dans la première série elles détruisaient totalement un ensemencement de *Phormidium uncinatum*, alors que dans la seconde elles permettaient une bonne multiplication de cette espèce.

En ce qui concerne *Cosmarium obtusatum*, au contraire, l'eau de pluie de la première série était bien plus favorable à sa multiplication que la seconde.

— 3ème série — Enfin, nous avons fait une dernière série d'essais sur l'eau de pluie en 1958.

Nous n'en donnons les résultats que sous forme de microphotographies effectuées sur deux espèces d'Algues (*planches I et II*). Ces microphotographies montrent nettement l'influence des substances organiques dissoutes, même à très faible dose, sur leur multiplication.

Si on compare, pour *Micrasterias papillifera*, l'action de l'eau de pluie 1958 à celle de l'eau de pluie 1957 (2ème série), on voit que cette action est différente: l'eau de pluie 1958, simplement filtrée, est défavorable à ce *Micrasterias*, alors qu'elle lui devient favorable après passage sur charbon.

C'est exactement le contraire de ce qui se passait avec l'eau de pluie 1957 (2ème série).

On voit donc que la nature des substances organiques actives contenues dans les eaux météoriques peut différer très notablement avec le temps.

#### b) — EAUX DE SOURCES

Nous avons répété sur les eaux de sources les mêmes expériences que sur les eaux de pluie: les résultats de ces tests sont consignés dans le *tableau XI*. (voir également essais 1958 sur eau de source de Sainte Montaine (Cher) — Microphotographies de la *planche III*).

PLANCHE I

Culture d'algues dans l'eau de pluie (printemps 1958)

Cette eau contenait 2 mg/litre de matières organiques dosées au permanganate, à chaud, en milieu alcalin.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Figure 3. Culture de la même espèce dans la même eau de pluie après agitation prolongée avec charbon pulvérisé bien lavé.

Très bonne multiplication comme le montrent les cellules en division simultanée, et parfaitement constituées.

*Conclusion.* L'eau de pluie contenait suffisamment de sels minéraux pour permettre la multiplication des Algues, mais probablement aussi des substances organiques antagonistes, non thermolabiles, mais adsorbables par le charbon. N.B. Nous nous excusons du manque de finesse de ces microphotographies et des suivantes. Toutes ont été exécutées *in situ*, dans les boîtes de Pétri, sous 8 mm de liquide, ce qui explique leur imperfection.

Figure 1. Culture de *Cosmarium obtusatum* dans l'eau de pluie simplement filtrée.

Multiplication possible mais médiocre, nombreuses cellules jumelles ou mal formées.

Figure 2. Culture de la même espèce dans la même eau de pluie bouillie 45 minutes avec réfrigérant à reflux. Situation non améliorée.

PLANCHE II

Culture d'algues dans l'eau de pluie (printemps 1958)

Même eau de pluie qui celle ayant servi aux essais sur *Cosmarium obtusatum*.



Fig. 1



Fig. 2

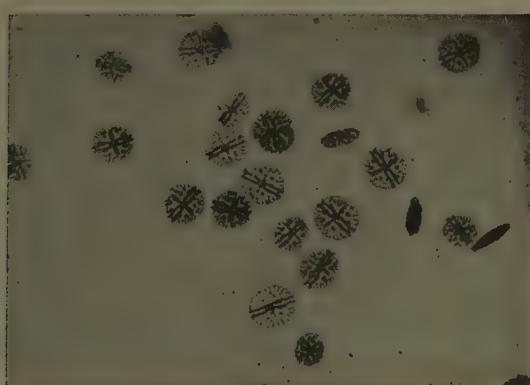


Fig. 3

Figure 1. Culture de *Micrasterias papillifera* dans l'eau simplement filtrée.

Très médiocre multiplication, nombreuses cellules mortes ou imparfaites.

Figure 2. Culture de la même espèce dans l'eau de pluie bouillie.

Situation très peu améliorée.

Figure 3. Culture de la même espèce dans l'eau de pluie passée sur charbon.

Excellente multiplication.

Conclusion. Même conclusion que pour *Cosmarium obtusatum*.

TABLEAU XI

| Sources                                | Rémoir<br>L + C | Gif I<br>filtrée | Gif I<br>bouillie | Guérolé<br>filtrée | Guérolé<br>bouillie | Royat<br>charbon | Royat<br>filtrée |
|--|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|
| <u><i>Cosmarium lundellii</i></u>      | +               | ++               | - - -             | - - -              | ++                  | - - -            | ++               |
| <u><i>Cosmarium obtusatum</i></u>      | +               | +                | - - -             | - - -              | +                   | - - -            | ++               |
| <u><i>Micrasterias papillifera</i></u> | +               | -                | -                 | -                  | +                   | +                | -                |
| <u><i>Pediastrum clathratum</i></u>    | +               | +                | - - -             | - - -              | +                   | +                | -                |
| <u><i>Eudorina</i></u>                 | ++              | -                | -                 | -                  | +                   | +                | -                |
| <u><i>Aukistodesmus falcatus</i></u>   | +               | -                | -                 | -                  | -                   | -                | -                |
| <u><i>Phormidium uncinatum</i></u>     | +               | +                | -                 | -                  | +                   | +                | -                |
| <u><i>Nitzschia palea</i></u>          | ++              | -                | -                 | -                  | -                   | -                | -                |

L'examen de *tableau XI* montre encore:

- que les substances organiques dissoutes dans ces eaux ont une action sur la multiplication des Algues.
- que cette action varie suivant la nature des sources.
- qu'elle est spécifique.

### c) - EAUX DE RUISELLEMENT

L'étude des propriétés biogéniques, pour les Algues, des eaux de

### PLANCHE III

Culture d'algues dans l'eau de source de Sainte Montaine (1958).  
Cette eau contenait 0,5 mg/litre de matières organiques dissoutes.



Fig. 1



Fig. 2



Figure 3. Culture de la même espèce dans la même eau après passage sur charbon activé.

Un peu meilleure multiplication que dans l'eau simplement filtrée, mais encore très imparfaite.

*Conclusions.* L'eau de la source Sainte Montaine contenait des substances organiques antagonistes pour *Pediastrum clathratum*.

Contrairement à ce qui existait pour l'eau de pluie avec *Cosmarium obtusatum* et *Micrasterias papillifera* ces substances étaient thermolabiles, mais peu adsorbables par le charbon activé.

Ceci montre encore l'importance des substances organiques dans la multiplication des Algues, puisque, même à la faible dose de 0,5 mg/litre elles peuvent avoir une influence très énergique sur le métabolisme de certaines espèces sensibles.

Figure 1. Culture de *Pediastrum clathratum* dans l'eau simplement filtrée.

Très nombreuses multiplications, mais les cellules ne parviennent pas à s'ordonner en cénobes; elles restent isolées et mal formées.

Figure 2. Culture de la même espèce dans la même eau après ébullition.

Excellente multiplication.

ruissellement a été faite sur les eaux d'alimentation de l'étang de La Plaine et de l'étang de Coupe Gorge.

Le tableau XII résume les observations faites à l'étang de La Plaine, le tableau XIII celles faites à Coupe Gorge.

N.B. Les essais ont été faits sur eau filtrée.

TABLEAU XII

|                           | Alimentation :<br>"Etang de<br>La Plaine" | Filtrée :<br>Fossé arrivée gauche | Filtrée :<br>Bouillie :<br>Charbon | Filtrée :<br>Bouillie :<br>Charbon | Arrivée droite :<br>Filtrée :<br>Bouillie :<br>Charbon |
|---------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| <u><i>Comatulum</i></u>   | -   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Uncinaria</i></u>   | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Pediastrum</i></u>  | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>clachratum</i></u>  | +   | +                                 | +                                  | +                                  | (cénobes à<br>archipech-<br>re anarchi-<br>que)        |
| <u><i>Scenedesmus</i></u> | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>caeruleus</i></u>   | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Dormidium</i></u>   | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>uncinatum</i></u>   | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Hilothrix</i></u>   | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Varia</i></u>       | +   | +                                 | +                                  | +                                  | +  |
| <u><i>Closterium</i></u>  | +   | +                                 | -                                  | -                                  | -  |
| <u><i>acerosum</i></u>    | +   | +                                 | -                                  | -                                  | -  |

TABLEAU XIII

| Alimentation:                          | Témoin | Janvier | Mars | Juillet  |  |
|--|--------|---------|------|--|--|
| Etang de<br>"Coupe Gorge"              |        |         |      |  |  |
| <i>Cosmarium</i><br><i>tundae</i>      | ++     | +       | -    | -  |  |
| <i>Pediastrum</i><br><i>clathratum</i> | ++     | +       | +    | (cénobes à<br>architectu-<br>re anarchi-<br>que) |  |
| <i>Scenedesmus</i><br><i>oahuensis</i> | ++     | ++      | ++   | +  |  |
| <i>Phormidium</i><br><i>uncinatum</i>  | ++     | -       | --   | ++   |  |

TABLEAU XIV

| Petit Pont<br>Coupe Gorge              | Janvier | Mars   | Juillet |  |
|--|---------|--------|---------|--|
| pH                                     | 6       | 5,7    | 6,8     |  |
| Degré hydrotimétrique<br>DH            | 3,5°    | 3°     | 4°      |  |
| Matières organiques                    | 3,8     | 6      | 5       |  |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>       | 0,2     | 0,5    | 0       |  |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub> | 0,1     | 0,25   | 0,25    |  |
| Azote nitreux<br>en NO <sub>2</sub>    | 0       | 0      | traces  |  |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>   | traces  | traces | traces  |  |
| Alcalinité<br>en CO <sub>3</sub>       | 6       | 21     | 36      |  |
| Calcium<br>en Ca                       | II      | 8      | II,5    |  |
| Magnesium<br>en Mg                     | 2,I     | I,8    | 3,6     |  |
| Fer<br>en Fe                           | 0,08    | 0,7    | I,4     |  |
| Résidu sec<br>à 180°                   | 75      | 72     | 74      |  |

TABLEAU XV  
Résultats des analyses en milligrammes/litre

| Etang de "La Plaine"                    | Janvier | Février | Mars   | Avril  | mai    | Juin   | Juillet | Septembre | Octobre | Décembre |
|---|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|---------|----------|
| pH                                      | 7,2     | 7,1     | 7,1    | 7,7    | 7,4    | 7,4    | 7,3     | 7,4       | 7       |          |
| Degré hydrométrique DH                  | 10°     | 8°      | 8°     | 8,5°   | 9,5°   | 6,5°   | 5,5°    | 6°        | 5°      |          |
| Matières organiques<br>en matière sèche | 1,7     | 5       | 4,8    | 3,9    | 1,7    | 4,3    | 4       | 3,1       | 3,9     |          |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>        | 0,1     | 0,8     | traces | 0,3    | 0,2    | traces | 0,1     | 0,4       | traces  |          |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub>  | 0,05    | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0         | 0       |          |
| Azote nitreux<br>en NO <sub>2</sub>     | 0,2     | 0       | traces | traces | 0      | 0      | 0       | 0         | traces  |          |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>    | 26,5    | 4,4     | 2,2    | traces | traces | traces | traces  | traces    | traces  |          |
| Calcium<br>en Ca                        | 35,4    | 26,3    | 29,2   | 28,6   | 24,8   | 20     | 20      | 19,6      | 18,0    |          |
| Magnesium<br>en Mg                      | 3,3     | 3,6     | 2,4    | 3,7    | 3,8    | 3,6    | 1,9     | 3,1       | 0,7     |          |
| Alcalinité<br>en CO <sub>2</sub>        | 31,5    | 36      | 48     | 42     | 51     | 57     | 30      | 26        | 16,8    |          |
| Terre<br>en Fe                          | 0,15    | 0,8     | 0,6    | 0,4    | 2      | 1,4    | 0       | traces    | 1,2     |          |
| Résidu sec<br>à 100°                    | 215     | 376     | 195    | 269    | 207    | 159    | 152     | 177       | 110     |          |

Là encore nous trouvons la preuve de l'importance, au point de vue écologique, des substances organiques dissoutes.

Une remarque s'impose au sujet des observations faites sur les eaux d'alimentation de l'étang de Coupe Gorge: c'est qu'au cours

TABLEAU XVI

Résultats en milligrammes/litre

| Etang de "Coupe Gorge"                        | Janvier | Février | Mars   | Avril  | Juin   | Septembre | Octobre | Décembre |
|---|---------|---------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|
| pH  | 6,6     | 6,4     | 6,6    | 7,3    | 6,8    | 6,8       | 6,8     | 6,8      |
| Degré hydrométrique DH                        | 2,5°    | 3,5°    | 3,5°   | 4°     | 5°     | 4°        | 3°      | 3°       |
| Matières organiques en milligrammes d'oxygène | 3       | 4,5     | 6,1    | 4,1    | 4,6    | 5         | 6,1     | 4,6      |
| Phosphates en PO <sub>4</sub>                 | 0,4     | 0,8     | 0,5    | 0,2    | 0,1    | 0         | 0,2     | 0,65     |
| Azote ammoniacal en NH <sub>3</sub>           | 0,1     | 0,1     | traces | traces | 0      | 0,24      | 0,2     | 0,2      |
| Azote nitreux en NO <sub>2</sub>              | 0       | 0       | traces | traces | 0      | 0         | 0       | traces   |
| Azote nitrique en NO <sub>3</sub>             | traces  | traces  | traces | traces | traces | traces    | traces  | traces   |
| Calcium en Ca                                 | 8,5     | 6,9     | 11,3   | 12,4   | 8,6    | 10,5      | 9,2     | 8,8      |
| Magnésium en Mg                               | I       | 4,4     | 2      | 2,4    | I,4    | 3,4       | 2,2     | I,9      |
| Alcalinité en CO <sub>3</sub>                 | I3,5    | 2I      | 36     | 16,5   | 18     | 18        | 24      | 13,8     |
| Per en Fe                                     | 0,6     | 0,8     | 0,4    | 0,4    | 0,45   | 0,6       | traces  | 0,4      |
| Résidu sec à 180°                             | 92      | 149     | 80     | 145    | 155    | 72        | III6    | 99       |

de l'année elles semblent présenter une remarquable constance au point de vue biologique vis à vis des Algues, et ceci malgré des différences assez sensibles dans leur composition minérale. (tableau XIV).

TABLEAU XVII

Résultats des analyses en milligrammes/litre

| Etang du "Troy"                                     | Février | Mars   | Avril  | Juin   | JUILLET | Septembre | Octobre | Décembre |
|---|---------|--------|--------|--------|---------|-----------|---------|----------|
| pH  | 6,8     | 6,5    | 7,2    | 6,6    | 6,8     | 7,4       | 6,8     | 6,6      |
| Degré hydrométrique °<br>H                          | 3,5°    | 6°     | 4°     | 3,5°   | 4°      | 3°        | 3,5°    | 4,5°     |
| Matières organiques<br>en milligrammes<br>d'oxygène | 3,9     | 5,3    | 4,4    | 5      | 5,6     | 4         | 4,6     | 4,75     |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>                    | traces  | 0,1    | traces | traces | 0       | 0,1       | 0,8     | 0,3      |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub>              | 0,2     | 0      | 0,25   | 0,1    | 0,5     | 0,2       | 0,1     | 0        |
| Azote nitreux<br>en NO <sub>2</sub>                 | 0       | traces | 0,05   | traces | 0       | 0         | 0,1     | 2,7      |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>                | traces  | traces | traces | traces | traces  | traces    | traces  | traces   |
| Calcium<br>et Ca                                    | 10,1    | 12,7   | 13,8   | 8,5    | 12,3    | 28        | 15,6    | 15,2     |
| Magnesium<br>et Mg                                  | 1,6     | 1,2    | 1,9    | 4,2    | 1,95    | 2,9       | 2,7     | 1        |
| Alcalinité<br>en CO <sub>3</sub>                    | 21      | 22     | 21     | 21     | 39      | 30        | 24      | 21       |
| Fer<br>et Fe  | I       | 0,7    | 0,9    | 1,6    | 1,6     | traces    | 0,6     | 0,1      |
| Résidu sec<br>à 100°                                | 90      | 82     | 181    | 116    | 123     | 95        | 118     | 58       |

Résultats des analyses en milligrammes/litre

| Etang de "La Tour"                                  | Mars  | Avril  | Mai    | Juin   | Juillet | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---|-------|--------|--------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| pH  | 7     | 7      | 7      | 6,6    | 6,8     | 7         | 7       | 7,3      | 7        |
| Degré hydrométrique<br>DÉ                           | 3°    | 3,5°   | 4,5°   | 4°     | 4°      | 5°        | 5,5°    | 5,5°     | 4°       |
| Matières organiques<br>en milligrammes<br>d'oxygène | 4     | 3,2    | 2,1    | 2,3    | 2,2     | 2,2       | 2,2     | 2,7      | 1,9      |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>                    | 0,3   | traces | 0,1    | traces | traces  | traces    | traces  | 0,5      | traces   |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub>              | 0     | 0,1    | 0      | 0      | 0       | 0         | 0       | 0        | 0        |
| Acide nitreux<br>en NO <sub>2</sub>                 | 0     | 0      | 0,1    | traces | 0       | traces    | 0       | 0        | 0        |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>                |       | traces | traces | traces | traces  | traces    | traces  | traces   | traces   |
| Calcium<br>en Ca                                    | II, I | II, 5  | II, 5  | II, 9  | II, 5   | II, 7     | II      | II, 5    | II, I    |
| Magnesium<br>en Mg                                  | 2,7   | I, 7   | 2,3    | 0,9    | I, 7    | I, 3      | I       | 2,2      | 0,4      |
| Sulfates<br>en SO <sub>3</sub>                      | II, 7 | II, 8  | II, 8  | 20     | 24,3    | 26,5      | 21      | 24,3     | 21,7     |
| Fer<br>en Fe  | 0,6   | 0,6    | 0,6    | 0,8    | I, 2    | 0,8       | 0,8     | 0,6      | 0,3      |
| Résidu sec<br>à 180°                                | 62,5  | 65     | 72     | III, 5 | 68      | 96,8      | 97      | 89       | 58       |

TABLEAU XII

Résultats des analyses en milligrammes/litre

| "Canaux" du parc de Rambouillet               | Mars   | Avril  | Mai    | Juin   | Juillet | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| pH  | 8,2    | 8,2    | 9,2    | 8,3    | 8,1     | 9,3       | 8,6     | 8        | 7,2      |
| Degré hydrométrique DH                        | 30°    | 23°    | 16°    | 20°    | 17°     | 19,5°     | 20,5°   | 29,5°    | 29,5°    |
| Matières organiques en milligrammes d'oxygène | 1,5    | 1,4    | 1,8    | 1,8    | 1,6     | 1,3       | 2,5     | 1,6      | 1,2      |
| Phosphates en PO <sub>4</sub>                 | 0,35   | 0,12   | 0,12   | 0,12   | traces  | traces    | traces  | 0,5      | 0,6      |
| Azote ammoniacal en NH <sub>3</sub>           | traces | traces | 0      | 0      | 0       | 0         | 0,2     | 0,6      | 0,6      |
| Azote-nitreux en NO <sub>2</sub>              | traces | traces | 0,3    | traces | 0       | 0         | 0,1     | 0,4      | 0,4      |
| Azote nitrique en NO <sub>3</sub>             | 4,4    | traces | traces | traces | traces  | traces    | 4,4     | 8,8      | 17,6     |
| Calcium en Ca                                 | 98     | 52     | 58,5   | 50,5   | 53      | 61        | 85,5    | 100      | 110      |
| Magnesium en Mg                               | 4,6    | 3,5    | 3,2    | 5,9    | 6,1     | 4,1       | 2,5     | 2,5      | 2,8      |
| Sulfates en SO <sub>3</sub>                   | 87     | 87     | 85     | 101    | 88      | 85        | 92      | 87       | 82       |
| Fer en Fe                                     | traces | traces | traces | traces | 0,1     | traces    | traces  | traces   | traces   |
| Résidu sec à 180°                             | 440    | 362    | 333    | 342,5  | 294     | 292       | 387     | 417      | 410      |

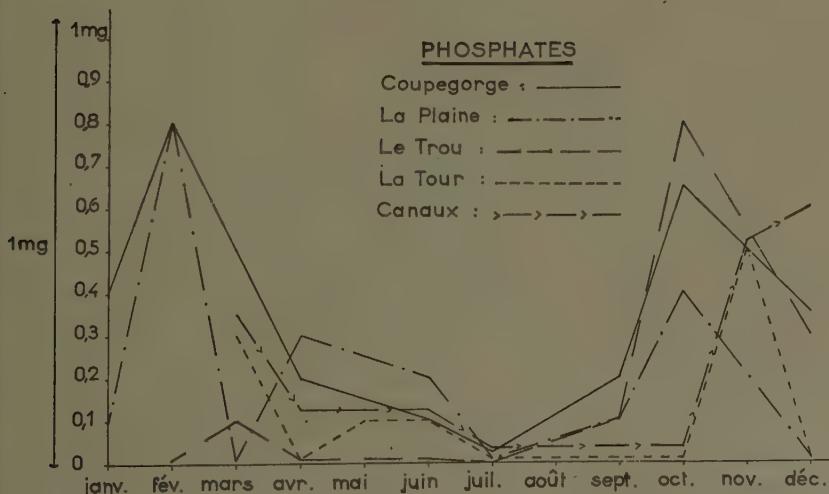
Nous n'avons pas pu faire des observations analogues sur l'étang de La Plaine, les rigoles d'alimentation ayant été taries très rapidement.

Il est cependant à présumer que les eaux d'alimentation de cet étang de plaine, ruisselant sur des terres fumées, et périodiquement souillées d'excréments animaux, doivent avoir une composition organique plus variable que celles des étangs de forêt, ruisselant sur des sols de composition plus constante et que leur valeur biogénique vis à vis des Algues doit subir, au cours de l'année, des fluctuations marquées.

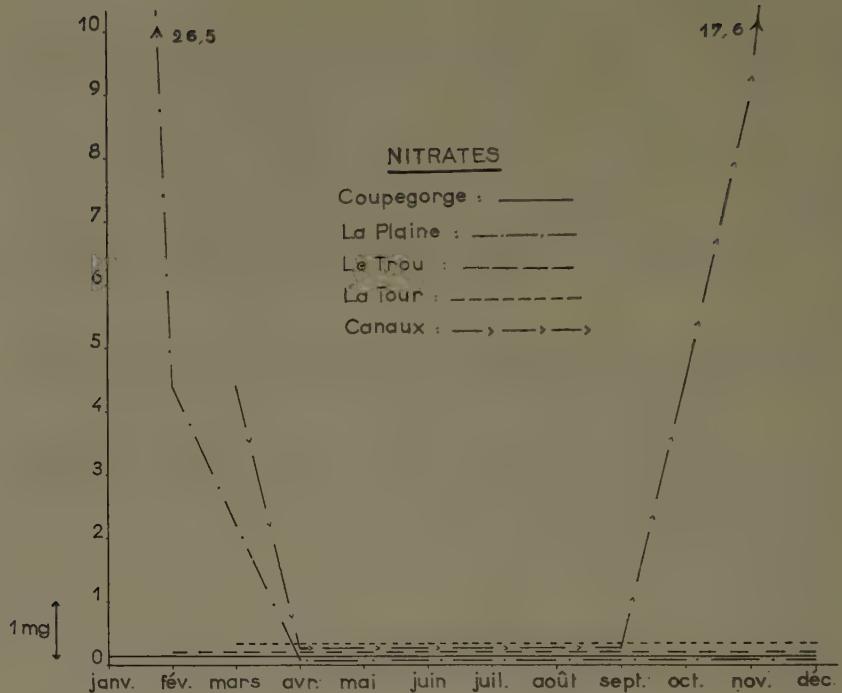
### VIII. VARIATIONS SAISONNIERES DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'EAUX NATURELLES STAGNATES

La composition chimique des eaux naturelles stagnantes est loin d'être constante au cours de l'année. On pourra juger de l'ampleur des variations par l'examen des *tableaux XV à XIX*.

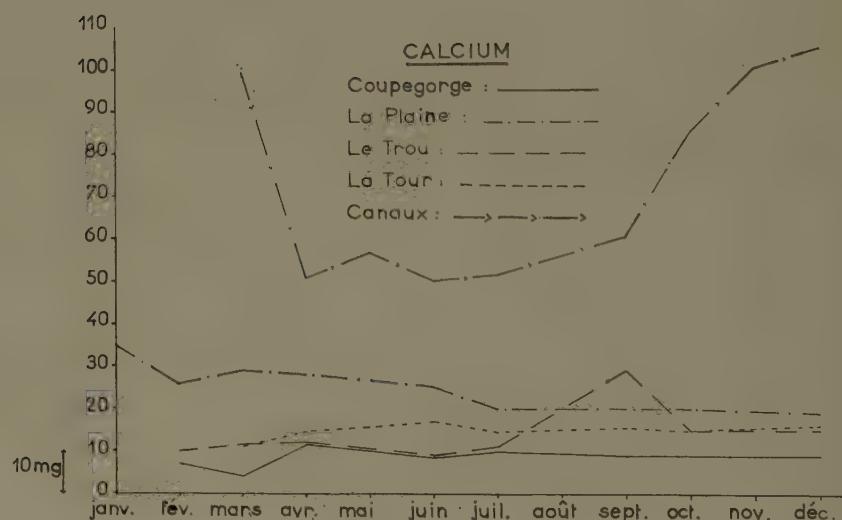
Il y avait intérêt à savoir si les mêmes éléments subissaient les mêmes variations dans des étangs de type différent (étangs de forêts et étangs de plaines par exemple): c'est pourquoi nous avons dressé des courbes comparatives de Ca, Mg, N, P, pH, matières organiques, résidu sec à 180°, pour cinq étangs différents. (*graphiques 1 à 9*).



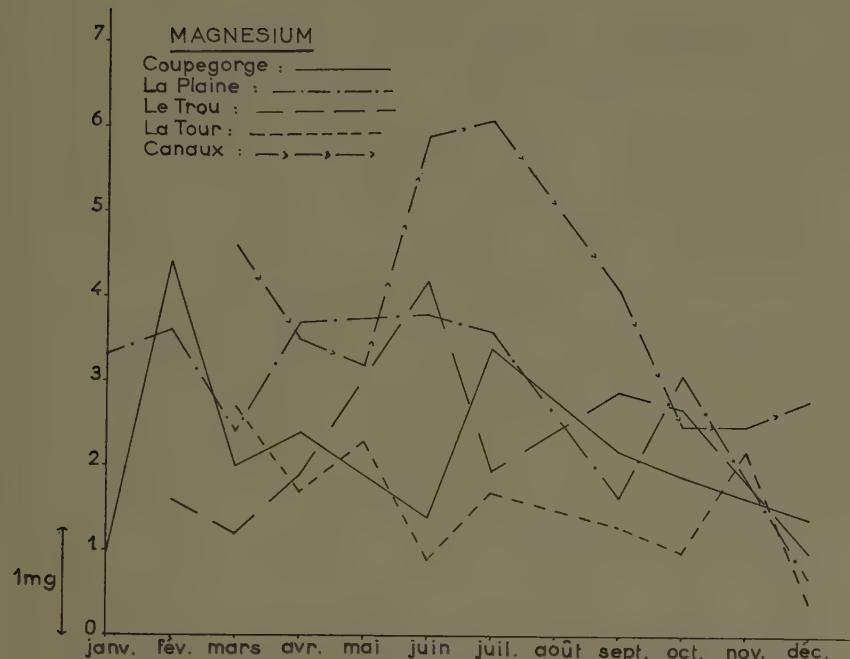
Graphique 1



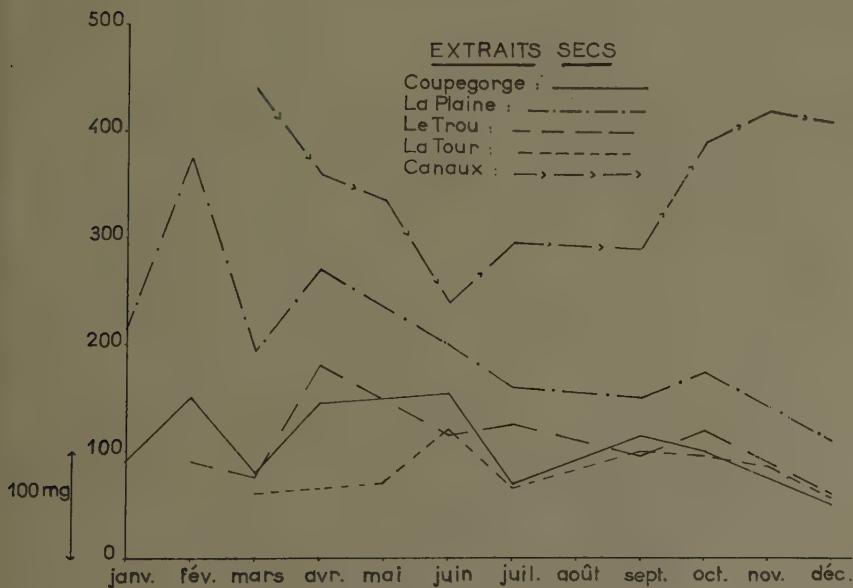
Graphique 2



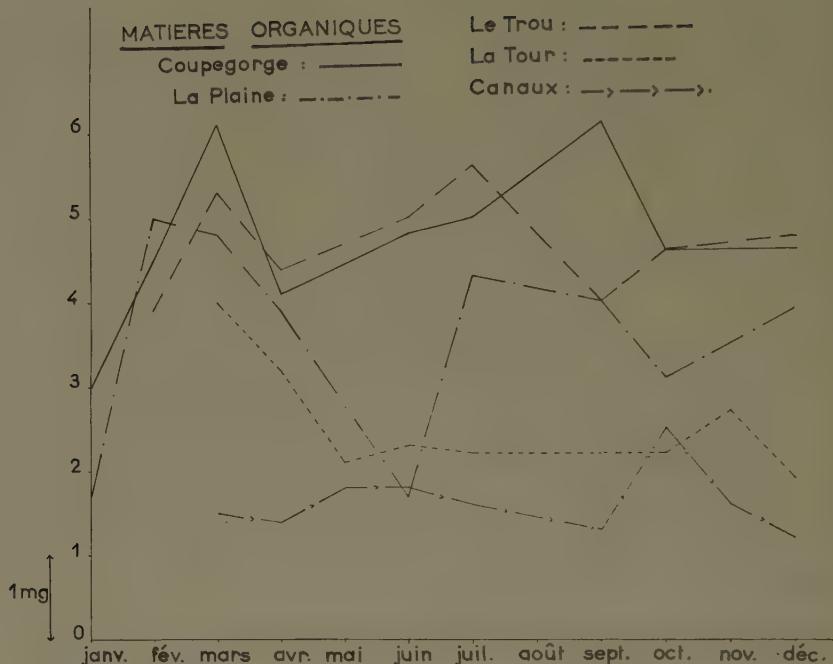
Graphique 3



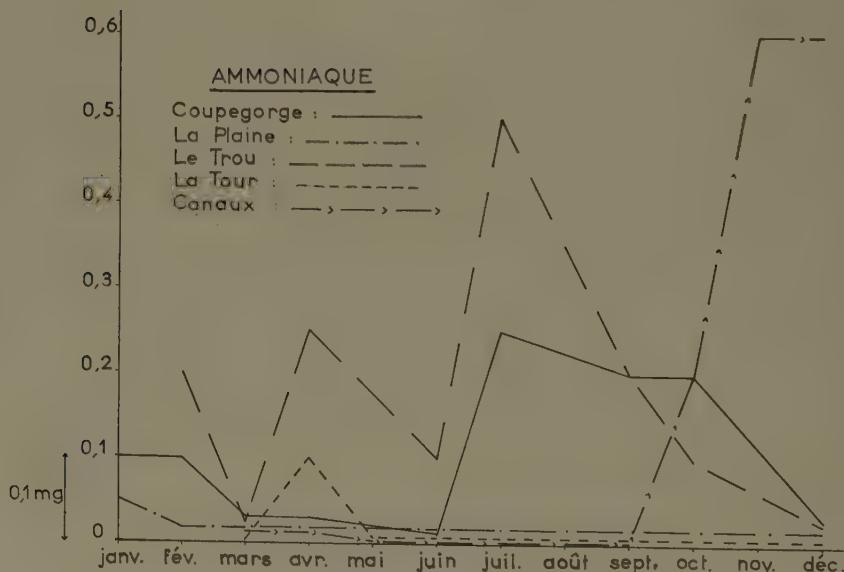
Graphique 4



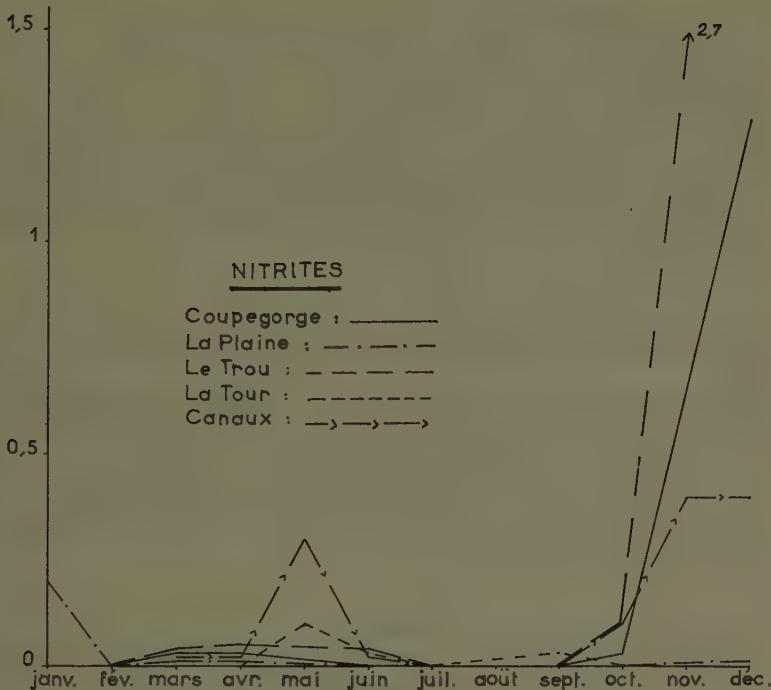
Graphique 5



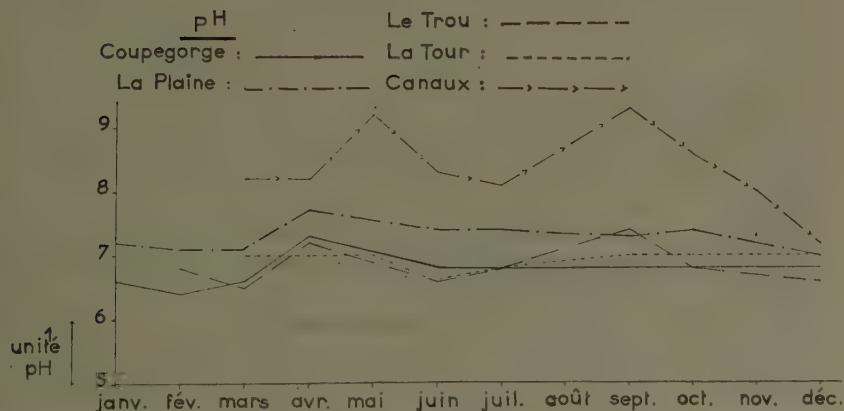
Graphique 6



Graphique 7



Graphique 8



Graphique 9

#### a) – VARIATIONS DES PHOSPHATES

Dans l'ensemble les courbes de phosphates présentent:

- un maximum entre janvier et avril

- un minimum d'avril à septembre

- un second maximum entre septembre et décembre

Ceci semble constant dans tous les étangs quel que soit leur type.

Ce processus est cependant moins marqué en ce qui concerne l'étang dit Le Trou. Nous donnerons l'explication de cette anomalie ultérieurement.

#### b) – VARIATIONS DES NITRATES

Les nitrates ne se comportent pas de la même façon dans tous les étangs.

Dans Coupe Gorge, la Tour et Le Trou, étangs de forêt, ils sont toujours en très faible quantité, voire à l'état de traces, et ne subissent à peu près aucune variation au cours de l'année.

Dans La Plaine et les Canaux, étangs du type „de plaine”, ils subissent, au contraire, de fortes variations que nous tenterons d'expliquer dans les chapitres suivants.

#### c) – VARIATIONS DE L'AMMONIAQUE

L'ammoniaque n'est jamais abondante dans les étangs de plaine peu riches en végétation phanérogamique et peu envasés.

On la rencontre au contraire en quantité notable à certaines époques de l'année dans les étangs de forêt.

Lors de nos observations une importante quantité d'ammoniaque a été décelée entre septembre et novembre dans les Canaux. Ce phénomène est lié à une décomposition du phytoplancton.

#### d) – VARIATIONS DES NITRITES

Les nitrites, comme l'ammoniaque, sont toujours en très faible quantité dans les étangs de plaine ou dans les étangs faiblement envasés.

Dans les deux étangs typiques de forêt faiblement chargés en nitrites pendant presque toute l'année, on observe une montée en flèche de ce corps en automne.

Ce phénomène, quoique moins accentué se reproduit également dans les Canaux du Parc de Rambouillet, dont l'eau est lentement renouvelée.

#### e) – VARIATIONS DU CALCIUM

Le calcium existe toujours en plus grande quantité dans les étangs de plaine (à pH habituellement variable) que dans les étangs de forêt (à pH beaucoup plus fixe).

C'est encore ce que nous avons observé sur les courbes du graphique VI.

Sauf dans les Canaux, dont l'eau n'est pas absolument stagnante, mais lentement renouvelée, les fluctuations du calcium sont faibles au cours de l'année. Elles sont cependant plus importantes au début de l'année dans les étangs de plaine que dans les étangs de forêt.

A partir du mois de juillet, et jusqu'au mois de décembre, les fluctuations sont à peu près inexistantes dans les deux types d'étangs.

#### f) - VARIATIONS DU MAGNESIUM

Dans tous les étangs étudiés, le magnésium est toujours en plus faible quantité que le calcium.

Cependant, il n'existe pas de relation constante entre le magnésium et le calcium, ni dans les étangs de plaine, ni dans les étangs de forêt.

Ainsi, dans les Canaux, qu'on peut assimiler à un étang de plaine, le rapport moyen annuel  $\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}}$  est de 19. Dans La Plaine il n'est que de 8,5.

Dans les étangs de forêt Coupe Gorge et Le Trou, il est respectivement de 3,9 et 6,8.

Les fluctuations saisonnières du magnésium sont beaucoup plus importantes que celles du calcium.

Elles ne sont parallèles ni dans les étangs de plaine, ni dans les étangs de forêt.

#### g) - VARIATIONS DU RÉSIDU SEC À 180°

Les résidus secs varient, naturellement, d'un étang à un autre suivant la richesse des eaux d'alimentation et la nature du substratum.

Ils varient également dans un même étang au cours de l'année.

Assez élevés, en général, au début de l'année, ils diminuent en mars, remontent en avril, présentent un minimum entre le 15 juin et le 15 août, un second maximum vers octobre, puis redescendent jusqu'en décembre, et ceci quel que soit le type d'étang.

Il est possible de donner l'explication de ces variations. Nous le ferons dans un des chapitres suivants.

#### h) - VARIATIONS DES MATIERES ORGANIQUES DISSOUTES

Leur cycle varie suivant les étangs. Cependant, elles présentent un maximum vers le mois de mars, et diminuent jusqu'en juin.

Ensuite, soumises, comme nous le verrons plus loin, aux fluctuations du phytoplancton, du zooplancton, et des Bactéries, elles varient suivant les étangs.

### i) - VARIATIONS DU PH

Les étangs sont à pH plus ou moins variable, soit au cours de l'année, soit au cours de la journée.

Cependant, l'examen des courbes semble montrer que, dans presque tous les étangs, qu'ils soient du type „plaine” ou „forêt”, le pH semble présenter un maximum vers mars-avril, un minimum vers juin-juillet, et un second maximum vers septembre-octobre.

## IX - CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX NATURELLES STAGNANTES

Les causes des variations observées dans le chapitre précédent sont multiples. Elles sont à la fois d'ordre physique (dissolution des composés minéraux, adsorption), et biologique (emprunts opérés par les êtres vivants, restitution par le travail de dégradation des Bactéries).

### a) - ADSORPTION PAR LA VASE

Nous devons ici ouvrir une large parenthèse au sujet des phénomènes d'adsorption par la vase des sels apportés en excès, et de leur restitution progressive.

Divers auteurs ont déjà signalé, au cours de leurs travaux, des fluctuations importantes et aberrantes de la composition chimique minérale des eaux stagnantes.

Ces anomalies sont particulièrement faciles à observer dans les étangs de pisciculture à la suite des épandages d'engrais destinés à accroître le rendement en poisson.

En 1945, LEFEVRE, SPILLMANN, & DUCHE avaient attiré l'attention sur cette question à la suite d'observations effectuées dans les étangs de Sologne. Leurs conclusions étaient les suivantes:

„Faut-il conclure... à une fixation immédiate par les matières organiques (de la vase) des produits solubles et à leur restitution progressive?

C'est encore, croyons-nous, l'hypothèse la plus vraisemblable, mais la question est loin d'être résolue.”

En 1951, MAUD NISBET reprend la question, et observe les fluctuations des sels minéraux dissous dans deux étangs avant et après épandage d'engrais. Elle constate que l'effet de l'épandage de carbonate de chaux n'est pas immédiat, et suppose qu' „...une certaine quantité de ce corps doit être immédiatement fixée par la vase, et n'être ensuite restituée que progressivement.”

S. VILLERET (1955) a constaté une baisse rapide du taux de nitrates dans la grande mare de la Lande d'Ouée dès que celle-ci n'est plus

en communication avec une région polluée par des produits nitrés.

Il a alors réalisé l'expérience suivante:

— dans une mar tourbeuse de volume connu, 1 kg de  $(NO_3)_2Ca$  fut introduit. La teneur de l'eau en nitrates, aurait dû être comprise entre 100 et 140 mg/litre. Deux heures après l'épandage, elle était effectivement de 128 mg/litre, 8 heures après de 110 mg/litre, mais au bout de 7 jours la teneur s'était abaissée à 2,8 mg/litre.

VILLERET attribue ce fait à „... un ensemble de phénomènes de sédimentation et d'adsorption aboutissant à un équilibre assez stable”.

Ces différents auteurs sont donc d'accord pour constater une rapide disparition de sels minéraux lorsqu'ils sont introduits en excès dans une collection d'eau naturelle.

Cependant, un doute subsistait quant aux causes de cette disparition. On sait en effet que les plantes, trouvant brusquement dans leur milieu un corps dont elles étaient relativement privées depuis un certain temps, sont susceptibles de l'absorber rapidement, et de s'en gorger momentanément au-delà de leurs besoins, constituant ainsi des réserves.

Les essais de HUTCHINSON et BOWEN utilisant le radio-phosphore sembleraient confirmer cette opinion.

Mais HAYES & COFFIN écrivent en 1951: „Cette élimination sélective de la substance supplémentaire nous a fort intrigués et nous pensons qu'il ne s'agit pas d'une élimination proprement dite mais plutôt d'un mécanisme d'échange; un équilibre s'établirait rapidement entre la boue, les plantes, etc..., d'une part, et l'eau du lac de l'autre.”

D'autres auteurs, dont nous-même, pensaient surtout à une absorption par la vase. Nous avons repris la question en menant les observations à la fois dans la nature et au laboratoire.

#### — OBSERVATIONS DANS LA NATURE

##### *étang de La Plaine*

Comme nous l'avons dit précédemment, cet étang est alimenté par des ruissellements sur sols cultivés. Il reçoit donc des eaux riches.

Son remplissage se fait par deux fossés dans lesquels se rassemblent les eaux des champs et des prairies avoisinantes.

En janvier 1955 la teneur moyenne des eaux de remplissage en  $NO_3$  était de 37 mg/litre, celle de l'eau de l'étang n'était que de 26,5 mg/litre.

Il semble donc qu'il y ait eu déjà, au départ, une certaine absorption des nitrates par la vase de l'étang.

En février, au contraire, la teneur moyenne en nitrates des eaux

d'arrivée n'était plus que de 2,5 mg/litre tandis que celle de l'étang était encore de 4,4 mg/litre.

La vase de l'étang semblait donc à cette époque restituer à l'eau une partie des nitrates fixés à l'origine.

La même situation se poursuivait en mars. A cette époque, les eaux d'arrivée ne contenaient plus que des traces de nitrates, tandis que l'eau de l'étang en contenait encore 2,2 mg/litre.

De janvier à mars, les fluctuations des sels minéraux dissous ne peuvent guère s'expliquer par l'activité du phytoplancton car, en raison de la basse température et de la courte durée du jour, le phytoplancton est à peu près inexistant. Il semble donc bien qu'elles puissent être attribuées à des phénomènes d'absorption et de restitution par la vase.

Nous n'avons pu pousser plus avant cette comparaison entre les eaux d'alimentation et celle de l'étang, les fossés d'arrivée ayant cessé de débiter fin mars.

#### *- étang de Coupe Gorge*

Cet étang est très différent de celui de La Plaine. C'est un étang alimenté uniquement par ruissellements sur sols forestiers, donc à eau peu minéralisée, surtout pauvre en calcium.

En février 1955, la teneur en phosphates de l'eau d'alimentation était de 1,2 mg/litre, alors que celle de l'eau de l'étang n'était que de 0,8 mg/litre.

Il semble donc là encore y avoir une absorption par la vase et restitution progressive puisque, malgré un très fort développement de végétation phanérogamique et algale, on trouvait encore 0,1 mg/litre de PO<sub>4</sub> fin juin, ce qui est assez rare dans un étang de ce type.

En règle générale, la teneur en phosphates des eaux naturelles varie de traces à 1 mg/litre, cette dernière étant assez exceptionnelle.

Les nitrates varient de traces à 10 mg/litre, et les matières organiques, dosées par le permanganate, de 1 à 20 mg/litre.

Ces observations faites dans les étangs non artificiellement enrichis en sels minéraux semblaient donc confirmer celles qu'avaient faites LEFEVRE et collaborateurs, puis NISBET, sur les étangs de pisciculture de Sologne, et ceux de la région de Rambouillet.

#### *- EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE*

Nous avons alors pensé que des expériences de laboratoire pourraient apporter au problème une solution définitive.

Par ces expériences nous avons cherché à montrer:

a) que la vase était susceptible de céder des sels minéraux et des composés organiques à une eau particulièrement pauvre (eau de pluie, eau distillée, par exemple).

b) que la vase était susceptible d'absorber rapidement des sels

TABLEAU XX

Résultats en milligrammes/litre

| Vase de l'Etang<br>de "La Plaine"                   | : 12 H.<br>contact | : 24 H.<br>contact | :      | :      | :        | :      | : | :      | : | :    | : | :    | : | :    | : | :    | : |
|---|--------------------|--------------------|--------|--------|----------|--------|---|--------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|
|   | : 25/I             | : 25/I             | : 26/I | : 27/I | : 29/I   | 30/I   | : | I/2    | : | 3/2  | : | 6/2  | : | 8/2  | : | 10/2 | : |
| pH  | : 6,4              | : 6,4              | : 6,2  | : 6,6  | : 6,2    | 6,6    | : | 6,3    | : | 6,4  | : | 6,4  | : | 6,5  | : | 6,5  | : |
| Degré hydrotimétrique<br>DH                         | : 2,5°             | : 4°               | : 4,5° | : 4°   | : 4°     | 5,5°   | : | 5,5°   | : | 6°   | : | 8,5° | : | 8°   | : | 8°   | : |
| Matières organiques<br>en milligrammes<br>d'oxygène | : I,7              | : I,I              | : 0,8  | : 0,6  | : I      | 0,8    | : | 0,6    | : | I,3  | : | 0,6  | : | I,3  | : | I,6  | : |
| Phosphates<br>en $\text{MgO}_4$                     | : traces           | : I                | : I,3  | : 0,6  | : 0,8    | 0      | : | 0      | : | 0,2  | : | 0,15 | : | 0,15 | : | 0,I  | : |
| Azote ammoniacal<br>en $\text{NH}_3$                | : 0                | : 0                | : 0    | : 0    | : traces | traces | : | traces | : | 0,25 | : | 0,5  | : | 0,6  | : | 0,5  | : |
| Azote nitreux<br>en $\text{NO}_2$                   | : 0,3              | : 2,2              | : 2,2  | : 3,2  | : 2,05   | 2,I    | : | 2,I    | : | 2,I  | : | 0,6  | : | 4,2  | : | I,25 | : |
| Azote nitrique<br>en $\text{NO}_3$                  | : 0,6              | : I,I              | : 0,8  | : 0,4  | : 0,8    | traces | : | 0,6    | : | 0,9  | : | 0,35 | : | I,I  | : | I,I  | : |
| Calcium<br>en Ca                                    | : 7,2              | : 8,8              | : I4,4 | : I4,4 | : I6     | I9,6   | : | 20,8   | : | 25,2 | : | 32   | : | 28,4 | : | 32,4 | : |
| Magnesium<br>en Mg                                  | : I,25             | : 2,7              | : I    | : 2,9  | : I,9    | I      | : | I,4    | : | I,9  | : | I,45 | : | 3,8  | : | 2,65 | : |
| Alcalinité<br>en $\text{CO}_3$                      | : I2               | : II,2             | : I3,2 | : I2   | : IO,8   | I4,4   | : | I3,8   | : | I8   | : | 23,7 | : | 23   | : | I8,3 | : |
| Fer<br>en Fe  | : 0,I              | : traces           | : 0,2  | : 0,25 | : 0,5    | traces | : | traces | : | 0,25 | : | 0,I  | : | 0,15 | : | 0,I  | : |

| I6/2   | 20/2   | 22/2   | 24/2   | 27/2 | 29/2   |  |  | 2/3  |
|--------|--------|--------|--------|------|--------|--|--|------|
| 6,9    | 7      | 6,8    | 6,9    | 7    | 6,8    |  |  | 7    |
| 10,5°  | 9°     | 8°     | 8,5°   | 8,5° | 9,5°   |  |  | 9,5° |
| 3,25   | 1,65   | 1,95   | 1,9    | 2    | 2,3    |  |  | 2,15 |
| 0,15   | 0,15   | 0,15   | 0      | 0    | 0,5    |  |  | 0,65 |
| traces | traces | traces | traces | 0,25 | 0,4    |  |  | 0,65 |
| 0,3    | 0,45   | 0,75   | 0,5    | 0,75 | traces |  |  | 0,05 |
| 1,2    | 0,6    | 0,8    | 0,9    | 1,1  | 0,8    |  |  | 0,8  |
| 32     | 33,2   | 41,6   | 32,1   | 35,4 | 36,8   |  |  | 37,3 |
| 4,8    | 4,8    | 3,8    | 1,45   | 3,05 | 2,4    |  |  | 1,55 |
| 23     | 23     | 22,5   | 27,3   | 37   | 46,6   |  |  | 45,6 |
| 0,15   | 0,15   | 0,1    | 0,2    | 0,4  | 0,5    |  |  | 0,25 |

|      |        |        |        |        |        |        |   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| :    | :      | :      | :      | :      | :      | :      | : |
| 3/3  | : 5/3  | : 9/3  | : 12/3 | : 16/3 | : 22/3 | : 27/3 | : |
| 6,8  | : 7,I  | : 7    | : 7,2  | : 7,6  | : 7,4  | : 7,2  | : |
| 8,5° | : 8,5° | : 8,5° | : 8,5° | : 8,5° | : 8°   | : 8°   | : |
| 2    | : 2,6  | : 2,95 | : 3,85 | : 3    | : 3,2  | : 2,9  | : |
| 0,25 | : 0,22 | : 0,45 | : 0,5  | : 0,5  | : 0,25 | : 0,15 | : |
| 0,9  | : I,2  | : I    | : 0,5  | : 0,3  | : 0,3  | : 0,I  | : |
| 0,08 | : 0,15 | : 0,4  | : 0,65 | : 0,5  | : 0,4  | : 0,3  | : |
| 0,7  | : 0,7  | : 0,5  | traces | traces | traces | traces | : |
| 35,9 | : 33,6 | : 35,9 | : 32   | : 29,7 | : 30,6 | : 30,7 | : |
| I    | : I,9  | : 3,2  | : 2,9  | : 2,6  | : I,2  | : 2,2  | : |
| 43,8 | : 47,7 | : 51   | : 49   | : 49   | : 49,2 | : 48,6 | : |
| 0,2  | : 0,45 | : 0,2  | : 0,3  | : 0,3  | : 0,3  | : 0,5  | : |





**TABLEAU XXI**

#### Résultats des analyses en milligrammes/litre

| Vase de l'Etang<br>de "Coupe Gorge"                 | I2 H.    | 24 H.    | contact | contact | 26/I     | 27/I | 29/I   | 30/I     | I/2      | 3/2    | 6/2    | 8/2    | I0/2   | I2/2   |
|---|----------|----------|---------|---------|----------|------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | : 25/I   | : 25/I   | :       | :       | 26/I     | 27/I | 29/I   |          |          |        |        |        |        |        |
| pH  | : 6,4    | : 6,2    | :       | 6       | : 6,2    | :    | 5,8    | : 6,4    | : 6,2    | : 6,3  | : 6,2  | : 6,1  | : 6    | : 5,9  |
| Degré hydrotométrique<br>Bé                         | : I,5°   | : 2,5°   | :       | 2,5°    | : 2,5°   | :    | 2°     | : 2,5°   | : 2,5°   | : I,5° | : 2°   | : 2,5° | : I,5° | : I,5° |
| Matières organiques<br>en milligrammes<br>d'oxygène | : 2,3    | : I,6    | :       | 3,75    | : 5,8    | :    | 5,8    | : 9,5    | : 8      | : I2   | : 7,4  | : I2   | : II,4 | : 9    |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>                    | : traces | : 0,6    | :       | 0,7     | : 0,5    | :    | I      | : 0      | : 0,4    | : 0,6  | : 0,5  | : 0,5  | : 0,5  | : 0,35 |
| Azote ammoniacal<br>en NH <sub>3</sub>              | : 0      | : traces | :       | 0,4     | : 0,6    | :    | I,45   | : I,5    | : I,65   | : 2,2  | : 2,2  | : 0,45 | : 2    | : 2    |
| Azote nitreux<br>en NO <sub>2</sub>                 | : 0,3    | : I,3    | :       | I,8     | : I,8    | :    | I,6    | : 0,9    | : 2,4    | : I,6  | : 0,3  | : I,25 | : 3,2  | : 0,2  |
| Azote nitrique<br>en NO <sub>3</sub>                | : traces | : traces | :       | traces  | : traces | :    | traces | : traces | : traces | : 0,5  | : 0,8  | : 0,9  | : 0,9  | : 0,45 |
| Calcium<br>en Ca                                    | : 4,8    | : 6,8    | :       | 7,2     | : 5,6    | :    | 4,8    | : 6,4    | : 6,8    | : 5,6  | : 5,6  | : 3,6  | : 3,2  | : 3,2  |
| Magnesium<br>en Mg                                  | : 0,9    | : I,45   | :       | 0,48    | : 0,48   | :    | I,7    | : 0,97   | : 0,48   | : 0,97 | : 0,97 | : 0,48 | : 0,97 | : 0,97 |
| Alcalinité<br>en CO <sub>3</sub>                    | : IO,8   | : I5     | :       | I9,8    | : I5     | :    | I9,5   | : 24     | : I9,8   | : 2I   | : I9,2 | : 6,3  | : 6,3  | : 6,6  |
| Fer<br>en Fe  | : traces | : traces | :       | traces  | : 0,65   | :    | 0,3    | : 0,6    | : 0,25   | : 0,7  | : 0,3  | : 0,3  | : 0,35 | : 0,25 |

|     |      |      |      |      |      |        |      |      |        |      |        |      |      |        |
|-----|------|------|------|------|------|--------|------|------|--------|------|--------|------|------|--------|
| 4/2 | I6/2 | 20/2 | 22/2 | 24/2 | 27/2 | 29/2   | 2/3  | 3/3  | 5/3    | 9/3  | I2/3   | I6/3 | 22/3 | 27/3   |
| :   | 6    | 6,3  | 6,4  | 6,4  | 6,6  | 6,5    | 6,2  | 5,2  | 5,4    | 5,8  | 6,4    | 7    | 7,8  | 6,2    |
| 5°  | I°   | I,5° | I,5° | I°   | 2°   | 2,5°   | I,5° | I,5° | I,5°   | I,5° | I,5°   | I,5° | 2,5° | 2,5°   |
| :   | II,6 | II,2 | IO   | IO,5 | 9,2  | 9,8    | IO,5 | II,2 | 8,4    | IO,I | IO,6   | IO,2 | II   | IO,5   |
| 55  | 0,45 | 0,4  | 0,35 | 0,2  | 0,3  | 0,65   | I    | 0,6  | 0,5    | 0,7  | 0      | 0    | 0    | 0      |
| 7   | 0,8  | 0    | 0    | 0,7  | 0,7  | 0,7    | 0,9  | 0,7  | 0,7    | 0    | 0      | 0    | 0    | 0      |
| 55  | 0,3  | 0,6  | 0,4  | 0,5  | 0    | traces | 0,I  | 0,05 | traces | 0,6  | traces | 0    | 0    | 0      |
| 65  | I    | 0,8  | 0,95 | 0,6  | 0,65 | 0,95   | I    | I    | I      | 0,9  | 0,9    | 0,6  | 0,6  | traces |
| 2   | 3,2  | 4    | I5,2 | 5,6  | 7,5  | 7,2    | 6,85 | 6,I  | 4,7    | 8    | 8      | I0,8 | 8,5  | 8      |
| 97  | I,4  | 0,72 | 0,7  | 0,48 | 0,I  | 0,82   | 0,I5 | 0,7  | 0,7    | I,I  | 2      | 2,4  | I,4  | I,I5   |
| 4   | 9    | 9,3  | 9    | IO,5 | IO,5 | I2     | 9    | 9,6  | 7,5    | II,4 | I2,25  | I2,6 | I2   | I2,6   |
| I   | 0,I  | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 0,55 | 0,7    | 0,55 | 0,5  | 0,2    | 0,4  | 0,35   | 0,8  | 0,85 | 0,95   |

minéraux ou engrais introduits dans l'eau à forte dose, en excès, et de les restituer ensuite progressivement suivant les besoins des végétaux, les maintenant toujours à un taux plus bas, variant dans d'étroites limites.

- *technique employée*

Des parallélépipèdes de vase exondée, mais encore humide, ont été découpés à la bêche dans les queues d'étangs de Coupe Gorge et La Plaine, et déposés au fond de cuves de verre hautes d'une capacité de 15 litres.

La stratification naturelle de la vase a été conservée au cours de cette opération.

- *première série d'expériences*

10 litres d'eau distillée furent alors introduits dans les cuves. Après 12 heures de contact, puis 24 heures, de l'eau avec la vase, les dosages suivants furent effectués: pH, DH, matières organiques, ammoniaque, nitrites, nitrates, phosphates, calcium, magnésium, alcalinité, fer.

Les résultats sont consignés dans les *tableaux XX et XXI*

Chaque série d'analyses nécessitait un prélèvement d'un litre d'eau dans les bacs; cette eau était remplacée par un litre d'eau bidistillée.

A chaque prélèvement il y avait donc un affaiblissement artificiel de la teneur en sels minéraux et composés organiques dans les cuves, et si on constatait cependant une stabilité ou même une augmentation de la teneur de ces sels minéraux et organiques, c'est que la vase en restituait à l'eau qui la recouvrait.

Les résultats des analyses montrent que, presque immédiatement (voir analyses faites 12 heures et 24 heures après la mise en contact) la vase céde à l'eau une quantité importante de sels minéraux et, ceci, à des doses comparables à celles qu'on trouve en cours d'année dans les étangs où nous avons prélevé la vase.

La restitution à l'eau de remplissage d'une partie des sels minéraux contenus dans la vase asséchée d'un étang est donc presque instantanée.

Nous avons ensuite continué à doser dans les cuves les mêmes éléments tous les deux jours pendant deux mois (voir tableau XX et XXI).

Pendant les deux mois qu'ont duré les expériences, des Phanérogames, des Algues et des Entomostracés s'étaient développés dans les cuves, ce qui reproduisait, en miniature, le peuplement des étangs. Ce développement ne fut d'ailleurs possible à cette époque (fin janvier à fin mars) que grâce à la température élevée (22° à 24°) qui régnait dans le laboratoire et nous avons assisté dans nos cuves,

en deux mois, à ce qui se passe habituellement dans la nature en six mois.

Il est alors curieux de comparer les résultats obtenus sur l'eau de la cuve contenant la vase de l'étang de La Plaine à ceux que nous avons fourni l'étang lui-même, en cette même année 1955. En raison de la température élevée du laboratoire, on constate qu'au 20 février la composition chimique de l'eau de notre cuve est (sauf pour les nitrites et les nitrates) à très peu de chose près la même que celle de l'eau de l'étang même au mois de juin.

#### *- deuxième série d'expériences*

Dans cette deuxième série d'expériences nous avons effectué deux essais différents:

1° - dans une cuve montée comme dans la précédente série, avec de la vase de Coupe Gorge, et remplie d'eau distillée, nous avons ajouté: 4,5 g de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

L'expérience mise en route le 31 janvier 1955 s'est poursuivie jusqu'au 27 mars: 30 dosages de calcium ont été effectués pendant cette période.

Les résultats sont reproduits sur le *graphique X*.

L'examen de ce tableau montre que, le carbonate de calcium étant peu soluble, la teneur de l'eau en calcium monte pendant plusieurs jours, atteint un maximum vers le dixième jour, puis décroît progressivement pour atteindre au bout de deux mois un taux voisin de celui qu'on observe au cours de l'année dans l'étang de Coupe Gorge même.

2° - d'autre part, afin d'effectuer une dernière vérification du pouvoir d'absorption de la vase, nous avons ajouté, dans les deux cuves ayant servi à la première série d'expériences, et contenant l'une de la vase de l'étang de La Plaine, et l'autre de la vase de l'étang de Coupe Gorge: 2,5 g de  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$  et 4,5 g de  $\text{PO}_4\text{HK}_2$ .

Des dosages de nitrates et phosphates furent faits dans l'eau de ces cuves pendant une semaine. Ils ont donné les résultats consignés dans les *tableaux XXII et XXIII*.

Les prélèvements n° 1 ont été faits sur l'eau des cuves avant l'addition des sels minéraux, les prélèvements n° 2 une heure après l'addition, les n° 3, 9 heures après l'addition.

L'examen de ces tableaux montre encore que les sels minéraux, ajoutés à forte dose, sont absorbés en très peu de temps, et ceci, même en l'absence de toute végétation phanérogamique ou algale.

Il nous faut donc conclure encore ici à une absorption par la vase, absorption beaucoup plus rapide avec  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca} + \text{PO}_4\text{HK}_2$  qu'avec  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , ces premiers sels étant beaucoup plus solubles.

TABLEAU XXII

Résultats des analyses en milligrammes/litre

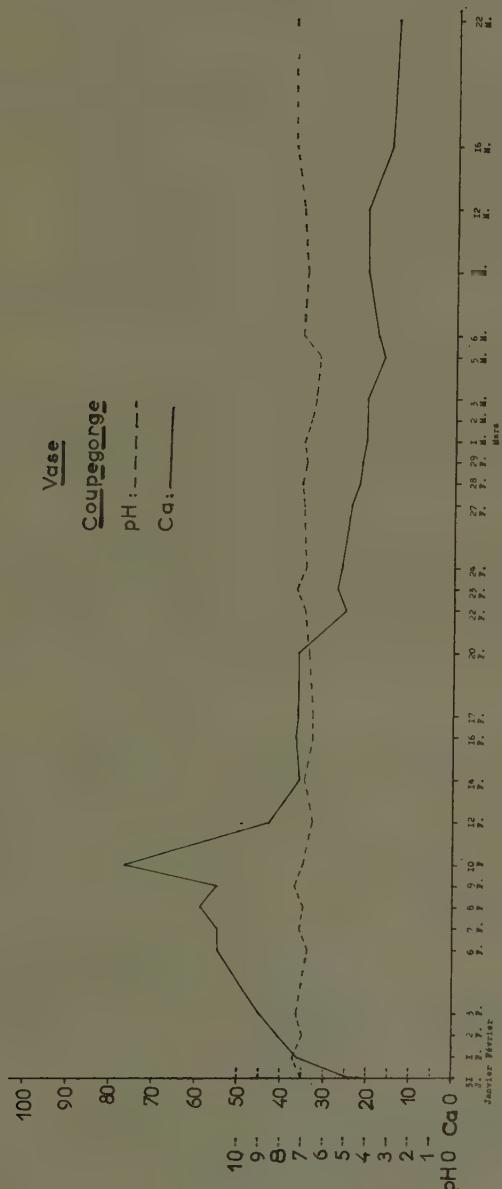
|                                       | n°1  | n°2   | n°3   | :     | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    | :    |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Etang de<br>"la Plaine"               | 9/4  | 9/4   | 9/4   | 10/4  | 11/4 | 12/4 | 13/4 | 16/4 | 18/4 | 19/4 | 20/4 | 21/4 |
| pH                                    | 7    | 7,2   | 7,4   | 7,3   | 7,3  | 7,2  | 7,1  | 7,2  | 7,2  | 7,2  | 7,2  | 7,2  |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>      | 0    | 120   | 156   | 150   | 67,5 | 50   | 62,5 | 49   | 48   | 48   | 48   | 48   |
| Azote nitrique:<br>en NO <sub>3</sub> | 0,77 | 125,4 | 145,8 | 131,7 | 94   | 90   | 88,4 | 72,9 | 65,8 | 65,8 | 65,8 | 65,8 |

TABLEAU XXXII

Résultats des analyses en milligrammes/litre

|   | n°1 | n°2   | n°3   |       |      |      |      |      |      |  |
|---|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|--|
| <u>Etang de<br/>Gouge</u>                           | 9/4 | 9/4   | 9/4   | 10/4  | 11/4 | 12/4 | 13/4 | 16/4 | 18/4 |  |
| pH  | 6,2 | 7     | 7,1   | 6,8   | 6,8  | 6,9  | 6,6  | 6,8  | 6,8  |  |
| Phosphates<br>en PO <sub>4</sub>                    | 0   | 190   | 236   | 190   | 110  | 110  | 82,5 | 82,5 | 82,5 |  |
| Azote nitrique:<br>en N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,8 | 132,6 | 167,9 | 125,4 | 94   | 70,7 | 41,9 | 24,7 | 16,7 |  |

En résumé, la vase semble jouer, dans les collections d'eau naturelles, un rôle régulateur des sels minéraux dissous, les absorbant lorsqu'ils sont en excès, les restituant jusqu'à épuisement lorsqu'ils disparaissent peu à peu en raison de leur utilisation par les êtres vivants.



Graphique 10

### - 3ème série d'expériences

A l'époque où nous avons effectué les deux séries d'expériences précédentes sur les vases de l'étang de Coupe Gorge et de l'étang de La Plaine, nous n'avons pas fait d'analyses de vase.

Nous avons voulu remédier à cette omission en faisant à nouveau l'essai sur la vase de l'étang de Coupe Gorge en 1958, et en effectuant alors les analyses de vase après addition dans la cuve de phosphates et nitrates.

Nous avons recherché les phosphates solubles dans l'eau et les phosphates solubles dans l'eau nitrique à 2 % (BRAJNICKOV, FRANCIS-BOEUF & ROMANOVSKY, 1943), en employant la méthode colorimétrique de Fiske et Subbarow.

Les nitrates ont été analysés par micro-Kjeldahl (MATHIEU, 1946) en employant l'alliage de Dewarda comme catalyseur.

Nous déduisons des résultats des analyses que la vase qui ne contenait que des traces de phosphates avant addition de 4,5 g de  $\text{PO}_4\text{HK}_2$  dans l'eau de la cuve, en contenait après celle-ci 5,4 mg par gramme de vase.

Nous pouvons donc conclure des résultats que les phosphates mis dans l'eau sous forme de phosphates solubles sont *immédiatement* adsorbés par la vase et transformés, d'abord en totalité en phosphates insolubles, pour être rendus ensuite, progressivement, à l'état soluble.

Ceci confirme bien les essais précédents.

Le taux de nitrates de la vase passe presque du simple au double *immédiatement* après l'addition de 2,5 g de  $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$  dans l'eau de la cuve.

Ceci confirme également les observations précédentes.

Après cette large parenthèse, revenons maintenant aux variations de la composition chimique des eaux des collections d'eau naturelles stagnantes.

Les différents facteurs susceptibles d'influer sur les variations saisonnières de la composition chimique des collections d'eau naturelles sont: les eaux de remplissage, le pH, la température, l'insolation, le développement de la flore bactérienne, du phytoplancton, du zooplancton, de la flore phanérogamique, et des prédateurs (larves d'Insectes aquatiques, Mollusques, Poissons, etc . . .).

En vue d'apprécier la part que revient à chacun de ces différents facteurs, des pêches de phytoplancton et de zooplancton ont été faites à différentes époques de l'année en même temps que les prélèvements destinés aux analyses chimiques. Des comptages de Bactéries ont également été effectués.

### b) - INFLUENCE DU PLANCTON ET DES BACTÉRIES

Voici par étang les résultats de ces prélèvements pour le phytoplancton, le zooplancton, et les Bactéries.

## ETANG DE LA PLAINE 1955

Février

- PHYTOPLANCTON très pauvre.
- quelques grandes Diatomées (*Surinella*), Desmidiacées (*Closterium acerosum*), Eugléniens (*Euglena* et *Phacus*).
- ZOOPLANCTON très pauvre: rares Rotifères et larves de Copépodes.
- TEMPÉRATURE: 5°

Mars

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 155.000
- PHYTOPLANCTON très pauvre: rares *Dinobryon*, Péridiniens (*Peridinium*), Eugléniens.
- ZOOPLANCTON très pauvre: rares Rotifères et larves de Copépodes.
- TEMPÉRATURE: 10°

Avril

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 16.000
- PHYTOPLANCTON assez riche, à Eugléniens (*Euglena* et *Trachelomonas*), rares Diatomées.
- ZOOPLANCTON très riche, à Rotifères: *Asplanchna* dominants, Copépodes, Cladocères (*Bosmina*, *Daphnia*).
- TEMPÉRATURE: 12°

Juin

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 20.900
- PHYTOPLANCTON à *Chlamydomonas*, quelques Diatomées et Desmidiacées (*Closterium*).
- ZOOPLANCTON très riche, à Cladocères dominants (*Daphnia longispina*).
- TEMPÉRATURE: 20°

Juillet

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 900.000
- PHYTOPLANCTON à Eugléniens dominants (*Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*). Rares Protococcales (*Scenedesmus*).
- ZOOPLANCTON moins abondant à Copépodes dominants, rares Daphnies, quelques Rotifères (*Anuraea*, *Brachionus*).
- TEMPÉRATURE: 21°

Septembre

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 33.000
- PHYTOPLANCTON très pauvre à Eugléniens (*Phacus*, Euglénines, *Trachelomonas*), rares Desmidiacées (*Closterium acerosum*).
- ZOOPLANCTON assez pauvre, à Copépodes (*Cyclops*) rares Rotifères (*Asplanchna*) et Cladocères (*Daphnia* et *Bosmina longirostris*).

- Décembre
- TEMPERATURE: 17°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 33.000.
  - PHYTOPLANCTON très pauvre: rares Eugléniens.
  - ZOOPLANCTON très pauvre, contenant de nombreux détritus: très rares Rotifères et Cladocères (*Bosmina*).
  - TEMPÉRATURE: 11°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 11.000.

#### ETANG DE COUPE GORGE 1955

- Janvier
- PHYTOPLANCTON: fleur d'eau à Cyanophycées (*Microcystis flos-aquae* dominant, *Coelosphaerium*).
  - ZOOPLANCTON inexistant.
  - TEMPÉRATURE: 5°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 16.250.
- Février
- PHYTOPLANCTON pauvre: disparition progressive de la fleur d'eau à Cyanophycées.
  - ZOOPLANCTON très pauvre.
  - TEMPÉRATURE: 5°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 25.000.
- Avril
- PHYTOPLANCTON: disparition presque totale des Cyanophycées. Nombreuses Diatomées (*Synedra*) rares *Dinobryon*, nombreux *Volvox*.
  - ZOOPLANCTON en progression, à Copépodes (*Cyclops*), Rotifères (*Asplanchna*), rares Cladocères (*Daphnia*, *Chydorus*).
  - TEMPÉRATURE: 11°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 10.000.
- Juin
- PHYTOPLANCTON assez riche, à Péridiniens (*Peridinium* et *Ceratium*), rares *Coelosphaerium*, Diatomées, *Dinobryon* et *Volvox*.
  - ZOOPLANCTON très riche, à Copépodes (*Cyclops*), Cladocères (*Daphnia*), quelques Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 20°
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 65.000.
- Septembre
- PHYTOPLANCTON composé uniquement de Péridiniens (*Ceratium*), rares Protococcales et Diatomées.
  - ZOOPLANCTON en régression, à Copépodes et Cladocères (*Bosmina*) dominants.
  - TEMPÉRATURE: 18°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 2.000.

Octobre — PHYTOPLANCTON très riche à *Dinobryon*.

- ZOOPLANCTON: nul.

Décembre - PHYTOPLANCTON très riche à *Dinobryon*.

- ZOOPLANCTON: nul.

— TEMPÉRATURE: 5°.

- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 21.000.

## ETANG DE LA TOUR

## Mars

- beaucoup de détritus dans le plancton.
  - PHYTOPLANCTON très pauvre: rares Diatomées
  - (*Asterionella*, *Synedra*) et Péridiniens (*Peridinium* et *Ceratium*).
  - ZOOPLANCTON pauvre à Copépodes, Cladocères (*Bosmina* et *Chydorus*). Rares Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 10°.

Avril

- PHYTOPLANCTON pauvre: détritus. Quelques Péridiniens (*Peridinium*) et Cyanophycées (*Anabaena* et *Microcystis*).
  - ZOOPLANCTON faible à Copépodes, Cladocères et rares Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 10°.

Mai

- PHYTOPLANCTON plus abondant, moins de detritus  
Présence de *Microcystis*, *Anabaena*, Volvocales (*Gonium*), Protococcales (*Scenedesmus*); rares Péridiniens (*Peridinium*).
  - ZOOPLANCTON en progression: Copépodes, nombreux Cladocères (*Bosmina*) et Rotifères (*Asplanchna*).

Lijin

- PHYTOPLANCTON pauvre: Péridiniens dominants (*Peridinium*, *Ceratium*). Les espèces précédentes utilisées par le zooplancton ont disparu.
  - ZOOPLANCTON très abondant: Cladocères dominants (*Bosmina* et *Daphnia*), rares Rotifères et Copépodes.
  - TEMPÉRATURE: 17°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 35.500.

- J u i l l e t**
- PHYTOPLANCTON riche, à Chrysophycées (*Mallo monas*), Protococcales (*Scenedesmus*, *Tetraedron*) et nombreux Eugléniens (*Euglena*, *Phacus*, *Tra chelomonas*).
  - ZOOPLANCTON moins abondant, à Copépodes, Cladocères et très nombreux Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 20°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 12.200.
- S e p t e m b r e**
- PHYTOPLANCTON pauvre, à Péridiniens (*Peridinium*), rares Protococcales et Chrysophycées (*Dinobryon*).
  - ZOOPLANCTON très pauvre (Copépodes et Rotifères).
  - TEMPÉRATURE: 14°.
- N o v e m b r e**
- PHYTOPLANCTON très pauvre, nombreux détritus. Quelques Cyanophycées (*Microcystis*, *Anabaena*), rares Protococcales (*Scenedesmus*).
  - ZOOPLANCTON très pauvre: rares Copépodes, Daphnies et Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 6°.
- D é c e m b r e**
- PHYTOPLANCTON très pauvre, nombreux détritus. Quelques Diatomées filamenteuses (*Melosira* et Cyanophycées (*Microcystis*)).
  - ZOOPLANCTON très pauvre, rares Rotifères et Cladocères (*Bosmina*).
  - TEMPÉRATURE: 4°.
- CANAUX DU PARC DE RAMBOUILLET**
- M a r s**
- PHYTOPLANCTON riche à *Oscillatoria plantonica* et rares *Aphanizomenon gracile*.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: rares Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 11°5.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 1.570.
- A v r i l**
- PHYTOPLANCTON riche à *Oscillatoria plantonica*, *Aphanizomenon* en progression.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: rares Copépodes et Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 15°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 4.400.
- M a i**
- PHYTOPLANCTON identique à Avrill.
  - ZOOPLANCTON en progression.
  - TEMPÉRATURE: 20°5.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 117.500.

- Juin**
- PHYTOPLANCTON très riche: *Oscillatoria* et *Aphanizomenon*.
  - ZOOPLANCTON très riche à Copépodes (*Cyclops*) dominants, rares Cladocères (*Bosmina*).
  - TEMPÉRATURE: 18°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 312.000.
- Juillet**
- PHYTOPLANCTON très riche comportant les mêmes espèces.
  - ZOOPLANCTON en nette régression: Copépodes dominants et rares Cladocères (*Bosmina*).
  - TEMPÉRATURE: 19°5.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 11.750.
- Septembre**
- PHYTOPLANCTON identique à Juillet mais commençant à se décomposer.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: disparition des Copépodes, présence de rares Rotifères (*Brachionus*).
  - TEMPÉRATURE: 17°.
- Novembre**
- PHYTOPLANCTON modifié: les *Oscillatoria* et *Aphanizomenon* qui commençaient à former fleur d'eau et à se décomposer fin Septembre sont en régression. *Aphanizomenon gracile* qui semble plus résistante domine. *Oscillatoria plantonica* est en très forte régression.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: rares Copépodes et Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 6°.
- Décembre**
- PHYTOPLANCTON pauvre: rares *Aphanizomenon* et *Oscillatoria*.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: rares Rotifères (*Brachionus*).
  - TEMPÉRATURE: 5°.

#### LE TROU

- Février**
- PHYTOPLANCTON assez riche, à Péridiniens (*Peridinium*) et Chrysophycées (*Dinobryon*)
  - ZOOPLANCTON nul: rares Rotifères.
  - TEMPERATURE: 5°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 10.000.
- Mars**
- PHYTOPLANCTON identique au mois de février.
  - ZOOPLANCTON identique au mois de février.
  - TEMPÉRATURE: 10°.

- Avril
- NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 12.500.
  - PHYTOPLANCTON stationnaire, enrichi par quelques Protococcales (*Scenedesmus*), Diatomées (*Synedra*, *Nitzschia*) et Desmidiacées (*Arthrodesmus*).
  - ZOOPLANCTON nul.
  - TEMPÉRATURE: 12°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 33.200.
- Juin
- PHYTOPLANCTON riche, à Protococcales (*Scenedesmus*, *Selenastrum*, etc...), Eugléniens (*Euglena*, *Phacus*), Desmidiacées (*Straurastrum*), et quelques Péridiniens.
  - ZOOPLANCTON très riche, à Cladocères dominants (*Bosmina*), Copépodes (*Cyclops*) et Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 22°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 700.000.
- Juillet
- PHYTOPLANCTON identique à celui du mois de Juin.
  - ZOOPLANCTON très pauvre: très rares Cladoceres, quelques Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 21°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 14.300.
- Septembre
- PHYTOPLANCTON pauvre, transformé. Disparition des Protococcales, Eugléniens, Desmidiacées. Présence de *Coelosphaerium* et de petits *Chroococcus*.
  - ZOOPLANCTON: légère augmentation, présence de Copépodes, de Cladocères (*Bosmina*), de Rotifères.
  - TEMPÉRATURE: 18°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 37.500.
- Décembre
- PHYTOPLANCTON nul. Rares Péridiniens (*Peridinium*) et Chrysophycées (*Dinobryon*). Beaucoup de détritus.
  - ZOOPLANCTON: nombreux détritus, cadavres de Rotifères en décomposition. Encore quelques Rotifères vivants.
  - TEMPÉRATURE: 5°.
  - NOMBRE DE BACTÉRIES au cm<sup>3</sup>: 6.700.

La comparaison des pêches planctoniques faites dans ces différents étangs permet de tirer quelques conclusions.

a) – Le zooplancton ne devient très abondant qu'en fin mai-juin quel que soit le type d'étang considéré.

b) – Dans l'ensemble, la durée de la période d'abondance ou de demi-abondance du zooplancton semble plus grande dans les étangs typiques de plaine (La Plaine) que dans les étangs typiques de forêt (Coupe Gorge, Le Trou). Ce fait s'accorde du reste avec les constatations des pisciculteurs: les étangs de plaine sont considérés comme très supérieurs au point de vue rendement en poisson aux étangs de forêt.

c) – Le comportement qualitatif du phytoplancton et du zooplancton est différent dans les deux étangs typiques de forêt. Il s'en suit que le zooplancton, bien que quantitativement aussi abondant est qualitativement différent.

d) – Il paraît difficile de relier directement la production de zooplankton à la qualité du phytoplancton disponible. En effet, dans l'étang de La Plaine, le maximum du zooplankton correspond à un phytoplancton à Eugléniens (*Euglena*, *Trachelomonas*), puis à Volvocales (*Chlamydomonas*).

Dans l'étang de Coupe Gorge ce maximum coïncide avec la prolifération de Peridiniens, de Diatomées, et de *Volvox*.

Dans Le Trou ce sont encore les Protococcales et les Eugléniens qui paraissent provoquer la prolifération massive du zooplankton.

Par contre, dans les Canaux du Parc de Rambouillet où le phytoplancton est composé toute l'année et en abondance de deux Cyanophycées filamenteuses paraissant très peu aptes à nourrir des Copépodes, on ne s'explique pas bien comment s'établit également au mois de juin et pendant une période assez courte, un abondant zooplankton dans lequel domine largement ce genre.

Nous ne pouvons donner actuellement aucune explication de ces phénomènes: un travail considérable reste à réaliser dans ce sens.

### c) – CYCLE THÉORIQUE DES SUBSTANCES DISSOUTES DANS UN ÉTANG

L'examen et la comparaison de ces résultats va nous permettre, au moins dans certains cas, de donner une explication aux variations de la composition chimique des eaux stagnantes.

Théoriquement et logiquement, nous devrions assister à la succession des phénomènes suivants:

– *en hiver*, en raison des chutes de pluie et de neige, les étangs se remplissent d'eau plus ou moins riche en sels dissous, qui sont en partie absorbés par la vase.

– *au printemps*, grâce à l’élévation de température, et à l’allongement de la durée du jour, les Algues et Phanérogames aquatiques progressent rapidement au détriment des substances dissoutes, d’où, diminution de celles-ci.

– *en été*: cette diminution atteint son maximum; les sels minéraux initialement les moins abondants n'existent plus qu'à l'état de traces, la vase ayant cédé tout ce qu'elle pouvait.

– *en automne*, réduction de l'activité algale et phanérogamique en raison de la baisse progressive de température et de lumière, mort des plantes avec restitution partielle des sels antérieurement utilisés.

#### d) – CAUSES DE PERTURBATIONS DÉ CE CYCLE THÉORIQUE

En réalité, ce cycle théorique est souvent perturbé, et ceci pour les raisons suivantes:

– les pluies de printemps et d'automne, les orages d'été apportent brusquement dans les étangs des eaux météoriques ou telluriques dont les propriétés biologiques, nous l'avons démontré, sont loin d'être négligeables.

– elles peuvent donc soit favoriser, soit entraver la multiplication de certaines espèces d'Algues, provoquant ainsi, ou bien leur multiplication, ou bien leur destruction massive.

– dans les deux cas il y a répercussion sur la faune planctonique qui se nourrit d'Algues, soit qu'elle se multiplie plus rapidement, soit, au contraire, qu'elle périclite.

– si la population algale augmente, le zooplancton suit, en général, une courbe ascendante parallèle; la disparition des sels dissous s'accélère.

– lorsque la population algale régresse, le zooplancton périclite à son tour.

– A ce moment interviennent les Bactéries qui, dégradant la substance organique solide en provenance des cadavres végétaux et animaux, restitue aux étangs une partie des sels minéraux disparus. Leur teneur dans l'eau augmente, mais pas toujours d'une façon très spectaculaire en raison du pouvoir d'absorption de la vase.

– même en l'absence d'apports extérieurs d'eaux telluriques ou météoriques perturbatrices la composition chimique de l'eau d'une mare ou d'un étang peut brusquement varier pour les raisons suivantes:

on sait que lorsque les Algues se multiplient très rapidement et avec une telle abondance qu'elles puissent former fleur d'eau, il arrive toujours un moment où elles meurent en masse en raison du phénomène d'autoinhibition. Cette masse de matières organiques très divisée est rapidement détruite par les Bactéries. La dégradation s'accompagne d'une restitution de composés organiques et de sels minéraux.

Il arrive que cette restitution soit encore plus importante dans les circonstances suivantes:

la destruction massive des Algues mortes par les Bactéries s'accompagne toujours d'une énorme absorption d'oxygène dissous et de sécrétion de produits toxiques. Il arrive que certaines espèces de Poissons et une foule d'animaux aquatiques meurent alors en masse, venant encore grossir la quantité des substances décomposables, et augmentant ainsi la restitution à l'eau de composés chimiques.

- enfin, en l'absence de toute perturbation extérieure les fluctuations des substances dissoutes peuvent provenir de la plus ou moins grande abondance et rapide destruction par les Bactéries des substances d'excrétion animales et végétales. La température joue un rôle important dans ce processus.

- on ne se fait guère idée de la faculté de destruction de certains animaux aquatiques. Des expériences ont montré qu'une carpe de 2 à 3 kg pouvait absorber, en été, 300 à 400 g de zooplancton par 24 heures.

- il est évident que la destruction, par les Bactéries, des excréments de ces animaux amène de fortes perturbations dans les substances dissoutes d'un étang.

e) — ESSAI D'INTERPRÉTATION DES VARIATIONS DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX OBSERVÉES DANS NOS ÉTANGS D'EXPÉRIENCES.

En raison des multiples causes de perturbation de la composition chimique des eaux des collections d'eau naturelles au cours de l'année, causes qui n'interviennent pas simultanément dans toutes, il est difficile de tirer des conclusions d'ordre général.

Cependant, il semble que dans les étangs typiques de forêt (Coupe Gorge, Le Trou), riches en détritus organiques et très envasés, les variations saisonnières des substances organiques dissoutes soient relativement minimes.

Au contraire, à l'étang de La Plaine, très peu envasé, on observe de plus fortes variations avec un minimum en juin.

L'ammoniaque est toujours présente dans les étangs de forêt, probablement en raison de leur forte teneur en détritus de toutes sortes. Le maximum de l'ammoniaque se situe en juillet, après le maximum de Bactéries observé en juin. Ce phénomène est évidemment lié à la température et aussi au maximum du zooplancton qu'on observe à cette époque dans tous les étangs, et dont les excréments, décomposés par les Bactéries, produisent de l'ammoniaque.

Dans les Canaux du Parc de Rambouillet, habituellement peu chargés en détritus organiques, l'ammoniaque n'apparaît massivement qu'en novembre et décembre.

Ceci s'explique de la manière suivante:

- nous avons vu que ces Canaux possèdent dès le printemps une très riche flore algale à *Aphanizomenon* et *Oscillatoria*.  
dès la fin de septembre, ces Algues commencent à péricliter, forment une fleur d'eau épaisse qui se décompose assez lentement en raison de la température relativement basse à cette époque de l'année, d'où production d'ammoniaque:

octobre: 0,2 mg/litre

novembre: 0,6 mg/litre

décembre: 0,6 mg/litre

la teneur en ammoniaque semble donc bien liée à la décomposition des Algues mortes.

Le minimum du calcium qu'on observe à peu près dans tous les étangs en juin ou juillet s'explique par l'activité des animaux: zooplancton et surtout Poissons.

Beaucoup d'animaux aquatiques possèdent soit un squelette, soit des téguments imprégnés de calcaire; il est donc normal que ce corps disparaîsse peu à peu d'une collection d'eau, s'il n'y est pas renouvelé.

On peut cependant observer parfois de faibles remontées de la teneur en calcium à la suite d'une disparition brusque du zooplancton: il y a en effet à ce moment restitution de cet élément en raison de la décomposition des cadavres.

On remarquera également que, dans les Canaux à eau lentement renouvelée par des sources de composition chimique relativement constante, la teneur de l'eau en calcium augmente au contraire de septembre à la fin décembre, au moment du ralentissement de l'activité des êtres vivants aquatiques.

On peu conclure de cela que de mars à octobre, la consommation de calcium par les êtres vivants était supérieure à l'apport de calcium frais effectué par les sources.

Les variations quant au résidu sec ne suivent pas exactement celles du calcium, bien que le calcium constitue une partie très importante du résidu sec à 180°.

D'une manière générale, le résidu sec décroît d'avril à septembre, puis remonte en septembre-octobre.

Les variations peuvent être dues aux fluctuations de l'activité des Diatomées qui mobilisent une fraction importante de la silice également toujours présente dans les eaux d'étangs.

On remarquera encore que les variations du résidu sec dans les Canaux ne suivent pas celles des autres étangs en raison du lent renouvellement de l'eau par les sources.

Les variations saisonnières des phosphates, très nettes, sont dues, elles aussi, à leur utilisation massive par le phytoplancton et les Phanérogames aquatiques.

Pendant toute la période avril-septembre, pendant laquelle la

température est relativement élevée et la photosynthèse active, leur concentration est très faible dans les eaux de tous les types d'étangs.

Le second maximum qu'on observe en octobre est probablement dû à la restitution des phosphates à l'occasion de la décomposition par les Bactéries des Phanérogames mortes.

Mais ce second maximum ne persiste pas longtemps car le phytoplancton, retrouvant en relative abondance un élément particulièrement favorable à sa multiplication et n'étant plus détruit par le zooplancton faible à cette époque, reprend une nouvelle activité et consomme à nouveau la presque totalité des phosphates.

Les courbes des nitrates sont particulièrement intéressantes à observer. Les nitrates constituent, avec les phosphates, un des éléments limitants de la végétation cryptogamique et phanérogamique.

Ils sont toujours présents dans les étangs en très faible quantité: à l'état de traces pendant presque toute l'année dans les étangs de forêt, à la dose de quelques milligrammes par litre dans les étangs de plaine, remplis par ruissellements sur sols cultivés.

A l'étang de La Plaine, alimenté en janvier par un fossé drainant des eaux fortement chargées en nitrates (66,3 mg/litre), il y a eu immédiatement absorption par la vase de cet excès de nitrates. L'eau de l'étang lui-même n'en contenait que 26,5 mg/litre qui tombaient à 4,4 mg/litre seulement dès le début de février, et sans qu'aucune activité des Algues ou des Phanérogames se soit produite, les pêches planctoniques montrant qu'à cette époque le phytoplancton était très pauvre.

A partir de mars-avril, les plantes entrant en pleine activité, les nitrates sont utilisés et disparaissent presque entièrement: ils n'existent plus qu'à l'état de traces.

La décomposition des Phanérogames d'octobre à janvier ne semble pas apporter de modification à la teneur des eaux en nitrates. Il faut croire qu'ils sont absorbés par la vase en presque totalité.

Nous notons cependant une exception pour les Canaux qui, nous le répétons, sont soumis à un lent renouvellement de leurs eaux par des sources.

Dans ce cas, comme pour les phosphates, nous observons une montée en flèche des nitrates à partir de fin septembre, lorsque l'activité du très dense peuplement de cette pièce d'eau en *Oscillatoria* et *Aphanizomenon* se ralentit.

## X - VARIATIONS SAISONNIERES DES PROPRIETES BIOGENIQUES DES EAUX POUR LES ALGUES

On sait que, dans les collections d'eau naturelles, la flore algale évolue au cours de l'année qualitativement et quantitativement.

TABLEAU XXIV

| Etang de la "Plaine" (Klovoir) | Janvier | Février | Juin | Juillet | Septembre | Octobre |
|--------------------------------|---------|---------|------|---------|-----------|---------|
| <u>Cosmarium Lundellii</u>     | +++     | +       | +    | ++      | +         | -       |
| <u>Pediastrum clathratum</u>   | ++      | +++     | +    | +++     | ++        | ++      |
| <u>Scenedesmus oahuensis</u>   | +++     | +       | +++  | +       | ---       | -       |
| <u>Phormidium uncinatum</u>    | ++      | +       | -    | +       | -         | -       |
| <u>Nitzschia palea</u>         | +       | +++     | ---  | +       | -         | -       |

TABLEAU XXV

| Etang de "Coupe Gorge" (Klondyke) | Janvier                | Février | Juin                  | Juillet | Septembre | Octobre |
|-----------------------------------|------------------------|---------|-----------------------|---------|-----------|---------|
| <u>Cosmarium Lundellii</u>        | ++                     | -       | +                     | ---     | +++       | -       |
| <u>Pediastrum clathratum</u>      | +++                    | +       | +                     | +++     | ---       | ++      |
| <u>Scenedesmus oahuensis</u>      | ++                     | +++     | +++                   | +       | ++        | -       |
| <u>Phormidium uncinatum</u>       | (filaments non striés) | ++      | filaments non colorés | +       | -         | +++     |
| <u>Nitzschia palea</u>            | -                      | ++      | -                     | -       | ++        | +       |

Cette évolution est la conséquence des modifications de la composition physico-chimique de l'eau.

On pourrait croire que les facteurs température et lumière ont une action prépondérante sur l'évolution. Les essais suivants vont nous fixer sur cette question.

A différentes époques de l'année, nous avons testé la valeur biogénique de l'eau d'un même étang sur les mêmes Algues provenant de cultures unialgales cloniques, et ceci *dans les conditions constantes de température et de lumière*.

Voici les résultats obtenus:

- étang de La Plaine, tableau XXIV.
- étang de Coupe Gorge, tableau XXV.
- étang Le Trou, tableau XXVI.
- Canaux du Parc de Rambouillet, tableau XXVII.

TABLEAU XXVI.

| <u>Etang</u><br><u>"Le Trou"</u>         | Février | Juin | Juillet | Septembre | Octobre |   |
|--|---------|------|---------|-----------|---------|---|
| <u>Cosmarium</u><br><u>Lundellii</u>     | - - -   | +    | ++      | +         | ++      | - |
| <u>Pediastrum</u><br><u>clathratum</u>   | ++      | +    | +++     | +++       | +       | - |
| <u>Scenedesmus</u><br><u>gahuenensis</u> | +++     | +    | +       | ++        | +       | - |
| <u>Phormidium</u><br><u>uncinatum</u>    | +       | -    | ++      | -         | ++      | - |
| <u>Nitzschia</u><br><u>palea</u>         | -       | -    | -       | -         | -       | - |

L'examen de ces tableaux montre nettement que la valeur biogénique de l'eau d'un même étang varie au cours de l'année pour une même espèce d'Algue, et ceci en dehors de toute influence *directe* de température et de lumière, puisque les essais au laboratoire ont été faits en entretenant ces deux facteurs constants.

## XI - CAUSES DES VARIATIONS SAISONNIERES DES PROPRIETES BIOGENIQUES, POUR LES ALGUES, DES EAUX NATURELLES.

Il a été démontré qu'il suffit de *traces des sels minéraux* indispensables au développement des Algues pour obtenir, au moins pendant quelques jours, une multiplication correcte de celles-ci, mais aussi que certaines d'entre elles exigeaient des traces de matières organiques (substances de croissance, etc...).

Or, si nous nous reportons aux tableaux d'analyses chimiques des eaux des étangs sur lesquelles les tests de valeur biogénique ont été effectués, on voit que les sels minéraux existent toujours dans ces eaux en quantité plus que suffisante pour permettre la multiplication des Algues, si d'autres facteurs n'intervenaient pas.

Il nous a alors paru raisonnable de penser que les différences observées étaient dues à des substances organiques actives, soit favorisantes, soit abiotiques, secrétées, soit par des Bactéries, soit par des Algues, soit encore par les animaux du zooplancton.

Sachant que ces substances sont souvent thermolabiles ou adsorbables par le charbon, nous avons effectué plusieurs tests avec des eaux d'étangs filtrées, puis soumises une heure à l'ébullition avec réfrigérant à reflux ou, agitées avec du charbon végétal lavé.

Les tableau XXVIII, XXIX, XXX, résument les résultats de cette expérience.

TABLEAU XXVII

TABLEAU XXVIII

|                                   | Septembre | Octobre   | Eau de plaine                        | Eau filtrée           | Eau bouillie | Eau charbon                                  |
|-----------------------------------|-----------|---|--------------------------------------|-----------------------|--------------|--|
| "Canaux" du Perce<br>à Ramouillet | :         | :   | :                                    | :                     | :            | :  |
| <i>Cosmarium lundellii</i>        | :         | - - -   | (une division;<br>puis blocage)      | :                     | :            | (dissociation<br>du contenu des<br>cellules) |
| <i>Cosmarium obtusatum</i>        | :         | +   | +                                    | +                     | +            | +  |
| <i>Micrasterias papillifera</i>   | :         | ++<br>(cellules très<br>granuleuses;<br>grosses matières<br>de réserve) | ++<br>(cellules très<br>granuleuses) | Pediatrum ciliatratum | + + +        | + +  |
| <i>Pediostrum clathratum</i>      | :         | -   | -                                    | Senedesmus coahuensis | + + +        | + +  |
| <i>Scenedesmus cabuensis</i>      | :         | -   | -                                    | Phormidium uncinatum  | + + +        | + +  |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i>    | -         | -   | -                                    | Nitzschia palea       | + + +        | - - -  |
| <i>Phormidium unicintum</i>       | :         | -   | -                                    | Closterium aerorum    | +            | - - -  |

TABLEAU XXIX

TABLEAU XXX

| <u>Etang de<br/>"Goupe Gorge"</u> | <u>Eau filtrée</u> | <u>Eau bouillie</u> | <u>Eau charbon</u> | <u>Etang<br/>"Le Trou"</u>                    | <u>Eau filtrée</u> | <u>Eau bouillie</u> | <u>Eau charbon</u>                                  |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---|--------------------|---------------------|---|
| <u>Cosmarium<br/>lundellii</u>    | -                  | +                   | +                  | (nombreux cor-<br>puscules très-<br>évidents) | -                  | -                   | +   |
| <u>Pediastrum<br/>clathratum</u>  | +                  | ++                  | -                  |   | +                  | +                   | -   |
| <u>Scenedesmus<br/>obtusus</u>    | +++                | ++                  | ++                 |   | ++                 | ++                  | -   |
| <u>Phormidium<br/>uncinatum</u>   | ++                 | +                   | -                  |   | +                  | +                   | (Hormogonies -<br>quelques fila-<br>ments détachés) |
| <u>Nitzschia<br/>palea</u>        | ++                 | +                   | -                  |   | -                  | ++                  | - - -   |
| <u>Closterium<br/>acerosum</u>    | +                  | +                   | - - -              |   | ++                 | +                   | +   |

L'examen de ces tableaux montre que l'action, soit de la chaleur, soit du charbon, modifie très souvent les propriétés biogéniques des eaux pour les Algues, soit favorable dans un sens, soit, au contraire, défavorable.

Si nous nous reportons encore aux tableaux d'analyses chimiques, nous voyons qu'au cours des saisons la quantité de matières organiques dissoutes, dosées globalement au permanganate, évolue dans les étangs.

De tout ce qui précède il semble bien résulter que les variations de la microflore dans les collections d'eau naturelles stagnantes sont surtout dues aux variations qualitatives et quantitatives des composés organiques dissous. Il est évident que nous n'envisageons pas ici les différences de microflore imputables à une composition inhabituelle des eaux: très forte teneur en calcium, sodium, magnésium, etc...

Il est à remarquer que la valeur biogénique de l'eau pour une même Algue, et à une même époque, varie suivant le type d'étang (plaine ou forêt.)

Les substances organiques actives sur les Algues proviennent, soit de l'activité bactérienne, soit des produits métaboliques issus de l'activité du phytoplancton et du zooplancton.

On remarquera qu'il y a très souvent une profonde modification de la valeur biogénique des eaux d'un même étang pour les mêmes Algues au moment du maximum bactérien, c'est à dire au mois de juin. Il est probable que les substances excrétées par les Bactéries sont responsables de ce phénomène.

Enfin, nous avons vu que les eaux météoriques, d'infiltration et de ruissellement apportaient aux étangs des substances organiques actives dont l'action n'est pas négligeable. Il est donc possible que ces eaux (pluies, orages) concourent à l'évolution saisonnière et à la succession des microflores dans les collections d'eau naturelles.

Nous ne croyons pas que le pH ait en lui-même une grande influence sur la multiplication des Algues dans les collections d'eau naturelles, à condition évidemment de ne pas le considérer dans ses limites extrêmes.

En effet, le pH n'est qu'une résultante: PACAUD (1939) écrivait à ce sujet: „... presque toujours, lorsque'on peut analyser d'une manière approfondie le déterminisme des faits observés, on trouve que le facteur limitant n'est pas le pH lui-même mais quelqu'autre condition liée de façon plus ou moins directe à la réaction du milieu". Et comme „autres conditions", il cite en particulier l'influence des substances humiques, la teneur du milieu en sels minéraux et plus particulièrement en calcium, l'influence de la quantité de particules en suspension dans l'eau et du gaz carbonique dissous.

SPILLMANN (1940) constate, au cours de l'examen des relations entre l'état physico-chimique de l'eau et le zooplancton qu' „au point de vue pH, il n'y a aucune relation évidente”.

Et LEFEVRE (1940) écrit: „Comme pour les Cladocères on peut constater que les causes profondes qui conditionnent l'apparition et la disparition des Algues sont multiples et plus nombreuses encore que pour les Entomostracés, car les plantes se nourrissent non à l'aide d'élément figurés, mais par osmose et peuvent par conséquent être influencées par les moindres traces de sels minéraux ou organiques dissous. Aussi les facteurs écologiques qui conditionnent le pullulement des Algues sont-ils loin d'être tous connus et appréciés à leur juste valeur. On ne commencera, à mon sens, à élucider définitivement le problème que lorsqu'on pourra définir dans les biotopes le rôle certainement considérable des produits de désintégration des cadavres animaux et végétaux par les Bactéries et Champignons inférieurs...”

En résumé, le pH d'une collection d'eau naturelle est la résultante des réactions réciproques d'un complexe physico-chimique et de son peuplement.

Si le complexe physico-chimique posséde une grande marge de stabilité (effet tampon), les conséquences chimiques du métabolisme du peuplement se feront peu ou pas sentir: le pH restera stable.

Si, au contraire, le complexe physico-chimique est en équilibre instable, l'action biochimique du peuplement amènera une variation du pH entre des limites impossibles à prévoir parce que dépendant d'une foule de facteurs.

Le pH envisagé seul n'a donc, dans la plupart des cas, qu'une signification bien minime en hydrobiologie”.

Enfin VILLERET (1955) écrit: „... on a peut-être mis l'accent trop totalement sur le pH qui est lié à des facteurs nombreux et complexes. Et un de ces facteurs, capital pour l'existence de telle ou telle espèce peut varier indépendamment mais en même temps que le pH à qui on attribue alors une action décisive”.

La preuve de ce que nous avançons réside en ce fait qu'il est possible de cultiver des Algues de tourbières à *Sphagnum* (très acides) dans des milieux synthétiques de pH légèrement alcalin (pH: 7,5—8), à condition de les maintenir en cultures unialgales.

La pauvreté des eaux de tourbières à *Sphagnum* en calcium nous paraît beaucoup plus déterminante dans la présence d'Algues spécifiques de ces biotopes que le pH en lui-même.

L'apport, en cours d'année, par les eaux météoriques ou telluriques, de substances chimiques indispensables et à action limitante, peut également contribuer à modifier la microflore des collections d'eau naturelles.

Toutes les Algues n'ont pas les mêmes exigences au point de vue substances minérales dissoutes: certaines d'entre elles demandent, par exemple, la présence de notables quantités de phosphates et de nitrates. D'autres sont moins exigeantes à ce sujet. Cela explique les variations possibles de la microflore suivant les apports extérieurs.

Nous ne pensons pas que la température en elle-même joue un rôle de premier plan dans l'évolution saisonnière des microflores, du moins au point de vue qualitatif.

On s'accorde cependant à reconnaître des „espèces d'été” et des „espèces d'hiver”.

Mais on observe parfois des multiplications massives aberrantes d'espèces d'hiver au mois de juillet (cas de *Peridinium palatinum*, par exemple, espèce considérée comme hivernale, et trouvée au 14 juillet en telle masse qu'elle formait fleur d'eau).

Il paraît beaucoup plus probable que la température agit sur l'activité bactérienne, et que ce sont des substances issues du métabolisme bactérien qui favorisent la plus ou moins grande intensité du développement de certaines espèces d'Algues. Si pour une raison quelconque ces substances actives se trouvent dans l'eau hors saison rien ne s'oppose à un développement massif de ces Algues.

## XII – DISCUSSION

Nos observations relatives à la composition chimique des eaux météoriques s'accorde avec celle de GORHAM (1955—1957). Cet auteur dit en effet que les eaux de pluie qu'on a considérées longtemps comme de l'eau presque distillée contiennent en réalité un quantité importante de sels dissous, dont l'apport dans les collections d'eaux spécifiquement pauvres (comme par exemple certains lacs de montagnes ou des mares ou étangs sur sols granitiques) est loin d'être négligeable.

Nos recherches étendent cependant celles de GORHAM en ce sens que nous avons montré que la faible quantité de matières organiques contenue dans les eaux météoriques pouvait avoir une action spécifique, soit favorisante, soit antibiotique, pour les Algues, donc était susceptible de jouer un rôle dans leur écologie.

Nos observations, sur l'importance capitale des substances organiques dissoutes, pour les Algues, au point de vue écologique, s'accordent avec celles de nombreux chercheurs.

En 1945, LEFEVRE, SPILLMANN & DUCHE avaient déjà observé que „... les matières organiques jouent un rôle de premier plan en hydrobiologie”.

Ils avaient même commencé l'étude expérimentale de l'action sur les Algues des produits de décomposition, par des champignons aquatiques, de diverses substances organiques solides.

Ils avaient déjà reconnu que les substances organiques solubles, issues de la décomposition des animaux, avaient une action différente et beaucoup plus énergique que celles fournies par la décomposition des plantes.

Depuis, cette notion d'importance des matières organiques dissoutes, en provenance soit des Bactéries, soit des Algues elles-mêmes, a été admise par de nombreux chercheurs. Ceux-ci reconnaissent que la composition chimique *minérale* des eaux est loin de pouvoir, à elle seule, en dehors de cas extrêmes, expliquer la répartition des Algues, et qu'il faut bien convenir que les substances organiques les plus diverses issues des êtres vivants aquatiques ont une action énergique dans ce domaine (CHU, 1943) (HUTCHINSON, 1950) (HASLER & JONES, 1949) (LEFEVRE, 1958) (VILLERET 1955).

Très peu d'auteurs se sont jusqu'ici occupés de l'isolement et de la détermination des substances organiques actives contenues dans les eaux naturelles. En effet, ces substances ne sont présentes qu'à doses extrêmement faibles d'où la raison de multiples échecs; VILLERET (1955) écrit à ce sujet „La nature des substances organiques dissoutes dans les eaux douces est pratiquement inconnue.”

SAUNDERS (1957) reconnaît l'importance de ces substances issues du métabolisme de tous les êtres vivants aquatiques au point de vue écologique. Il considère que les travaux doivent être menés de front au laboratoire et sur le terrain, que les méthodes d'analyse fine des substances organiques n'en sont qu'à leur début, mais que cependant quelques rares chercheurs se sont déjà attaqués à la question.

Sa conclusion est qu'une ère nouvelle s'ouvre dans les recherches sur les interactions entre substances organiques dissoutes, phytoplancton et zooplancton.

SHAPIRO (1957—1958) a étudié dans ce domaine les substances qui communiquent à certaines eaux une teinte plus ou moins brune et qu'on nommait jusqu'ici: acides humiques. Ceci fut possible parce que ces substances existaient souvent en très notable proportion dans ces eaux.

D'après ses recherches elles seraient constituées des sels d'un petit nombre d'acides voisins des acides humiques mais non identiques à ceux-ci. Il propose pour eux le nom d'acides „humolimniques”.

Le fait important est que SHAPIRO a effectué avec ces substances des tests biologiques sur des Algues et qu'il leur a reconnu en certains cas une action favorisante entre les doses de 5 à 50 mg/litre.

En ce qui concerne l'influence des variations de la composition chimique des eaux sur la microflore, VILLERET pense que ces variations semblent ne pas influencer la flore algale tant qu'elles ne sont pas liées à des phénomènes de fermentation ou de décomposition anaérobies.

C'est exactement notre avis.

Nos observations et expériences de laboratoire sur le pouvoir d'absorption de la vase vis à vis des sels minéraux introduits brusquement en excès dans une collection d'eau confirment celles de LEFEVRE et collaborateurs (1945), NISBET (1952) et VILLERET (1955). Nous pensons cependant avoir apporté quelques précisions sur cette question.

Après les observations de PACAUD (1939), SPILLMANN (1940), LEFEVRE (1940), VILLERET (1955) sur le peu de valeur du pH en tant que facteur conditionnant *directement* la multiplication des Algues dans les eaux *naturelles* nous ne pensons pas qu'il soit utile de revenir sur la question.

COLLINS (1957) signale que quelques relations entre Algues et Bactéries ont été établies mais que des problèmes plus complexes tels que la stimulation ou l'inhibition réciproques entre Algues et Bactéries par leurs produits d'excrétion n'ont pas été abordés.

Elle reconnaît également que très peu de recherches fondamentales ont été faites sur la bactériologie des eaux stagnantes, ce qui fait qu'on connaît très peu de chose sur les relations entre Bactéries, phytoplankton et zooplankton.

C'est dans le but d'apporter une contribution à cette importante question que LEFEVRE a étudié encore très superficiellement d'ailleurs la flore bactérienne de plusieurs étangs et son évolution saisonnière.

Ce sont les résultats de LEFEVRE que nous avons utilisés dans le présent travail, ces recherches ayant été effectuées parallèlement aux nôtres, dans les mêmes étangs.

Malheureusement les anaérobies de la vase n'avaient pas été étudiées, et nous pensons qu'elles doivent cependant jouer un rôle fort important dans le métabolisme des composés organiques dissous.

Nous avons tenté, par des tests biologiques, de montrer l'importance de l'action sur les Algues des substances organiques dissoutes dans les eaux d'alimentation des étangs, les variations de ces substances et de leurs effets au cours de l'année, les causes des variations de la composition chimique des eaux stagnantes, en tentant de les expliquer par les interactions entre substances dissoutes, Bactéries, flore et faune: ce point de vue, à notre connaissance, n'avait jamais été encore sérieusement abordé, sauf par VILLERET (1955).

Cependant, cet auteur ayant étudié spécialement les tourbières à *Sphagnum*, biotopes très spéciaux à la fois du point de vue bactérien et population animale (grande pauvreté en zooplankton, absence totale de poissons), nos observations et résultats, bien que se rejoignant sur de nombreux points, ne peuvent être absolument superposables.

### XIII – CONCLUSIONS

Après une très longue période pendant laquelle les auteurs ont cru à l'influence prépondérante des sels minéraux dissous en tant que facteurs chimiques affectant l'écologie des Algues, on s'est aperçu assez récemment, en raison des multiples divergences de vue entre ces auteurs, que les composés organiques de diverses origines devaient avoir une importance au moins aussi grande, voire supérieure, à celle des substances minérales.

En vue d'apporter une contribution aux travaux de cette nouvelle école, nous avons recherché la présence de matières organiques dans les eaux d'alimentation des collections d'eau naturelles (eaux météoriques, telluriques, de sources) et étudié, par des tests biologiques, les propriétés, soit antibiotiques, soit favorisantes, de ces substances organiques sur les Algues d'eau douce.

Nous avons également rechercher dans les interactions entre plantes, animaux et Bactéries aquatiques considérés surtout au point de vue de leurs possibilités de destruction, de restitution, ou de production de substances minérales ou organiques biologiquement actives, les causes des variations saisonnières de la composition chimique des eaux et de leur possible influence sur le développement de la microflore.

Nous avons constaté que nos observations apportaient confirmation à de nombreux travaux de nos devanciers, notamment sur les points suivants: insuffisance de la notion de pH, de la composition chimique minérale des eaux, de la température, de l'éclairement, pour expliquer l'écologie des Algues, et aussi les raisons de leurs accidentels développements massifs; importance considérable des substances organiques de composition encore presque inconnue agissant énergiquement à des doses extrêmement faibles; insuffisance notoire des renseignements fournis par la détermination globale du taux des matières organiques dissoutes par la méthode de l'oxygène emprunté au permanganate de potassium.

*En résumé, nos conclusions sont les suivantes:*

- les eaux météoriques contiennent toutes des sels minéraux capables de permettre la multiplication d'un certain nombre d'espèces d'Algues.

- les composés organiques, qu'elles contiennent également, peuvent soit favoriser, soit, au contraire, inhiber cette multiplication.

- les eaux de ruissellement sont beaucoup plus riches que les eaux météoriques en sels minéraux et composés organiques dissous.

- cependant, leurs propriétés biogéniques pour les Algues varient suivant qu'elles ruissent sur des terres cultivées, ou des sols forestiers.

— la nature des substances organiques dissoutes dans ces diverses eaux semble beaucoup plus déterminante pour la multiplication des Algues, que la concentration de ces eaux en sels minéraux indispensables.

— en conséquence, l'introduction de matières organiques dans un étang, par des eaux météoriques et de ruissellement (pluies prolongées, orages), peut modifier brusquement et considérablement sa microflore. Ceci se vérifie d'ailleurs nettement dans la nature.

- la teneur des eaux stagnantes en sels minéraux et composés organiques dissous varie au cours des saisons.

— ces variations sont imputables aux propriétés d'absorption de la vase, aux fluctuations du peuplement animal et végétal aquatiques, à l'apport d'eaux nouvelles en cours d'année.

— en général, les eaux stagnantes de forêt sont très rapidement épuisées en phosphates et nitrates, substances limitantes, qui n'y existent qu'en très faible quantité, même au moment du remplissage, et ceci explique pourquoi on n'observe que rarement dans de tels étangs des développements massifs d'Algues pouvant former d'épaisses fleurs d'eau.

— dans les étangs de plaine recevant des eaux plus riches en nitrates et phosphates, la vase吸orbe rapidement l'excédent de ces sels, et les restitue peu à peu ultérieurement.

— la cause de cet épuisement est le développement massif du phytoplancton et des Phanérogames aquatiques.

— le seul phytoplancton, lorsqu'il se multiplie en abondance, est capable, en été, d'utiliser complètement les phosphates et nitrates, même lorsque ceux-ci sont lentement renouvelés par l'apport de sources (cas des Canaux du Parc de Rambouillet).

— il y a parfois restitution temporaire des phosphates à l'occasion de la décomposition, par les Bactéries, d'un abondant phytoplancton ou zooplancton en cours de mortalité.

- le maximum des Bactéries aérobies dans toutes les eaux, quel que soit leur type, coïncide avec le maximum du zooplankton.

— ce maximum semble indépendant de la teneur des eaux en matières organiques dissoutes, mesurées en oxygène emprunté au permanganate.

— il ne semble pas non plus en rapport avec la température de l'eau, celle-ci étant généralement plus élevée en juillet et août, et le nombre des Bactéries étant cependant plus faible dans les eaux à cette époque.

— il est probable que la nature des matières organiques dissoutes (prédominance animale ou végétale) influe sur le nombre des Bactéries, les premières étant plus fermentescibles que les secondes.

- il est également probable que les Algues se développant en masse

dans certains étangs (Canaux du Parc de Rambouillet, par exemple) limitent, par leurs substances d'excrétion, le nombre des espèces de Bactéries présentes au même moment (action antibiotique).

— la teneur des eaux en matières organiques dissoutes ne détermine pas à elle seule la présence massive de Cyanophycées; c'est surtout la nature de ces substances qui est déterminante.

— mais il n'est pas impossible que ces mêmes substances d'excrétion favorisent la multiplication d'un nombre limité d'autres espèces, qui se multiplient alors avec exubérance.

— la valeur biogénique des eaux d'un même étang varie pour les mêmes espèces d'Algues au cours de l'année.

— ces variations *ne semblent liées directement ni à la température, ni à la lumière, ni au pH.*

— elles sembleraient, au contraire, liées à la présence de substances organiques thermostables ou thermolabiles, plus ou moins adsorbables par le charbon activé, provenant du métabolisme des Bactéries qui, elles, sont beaucoup plus influencées par les facteurs température et pH.

— l'influence des substances organiques dissoutes, en provenance, soit du métabolisme bactérien, soit du métabolisme algal, soit du métabolisme des animaux inférieurs et supérieurs, nous paraît extrêmement importante pour expliquer soit la présence, soit le développement massif, soit l'absence, de nombreuses Algues.

Il n'a pas encore été possible de déterminer la nature de ces molécules organiques d'ailleurs très labiles, ni, naturellement, de préciser l'influence de chacune d'elles.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT, W. - 1957 - „Unusual phosphorus source for plankton algae” *Ecology, U.S.A.*, 38, n° I, 152.
- BACH, D. - 1933 - „Le dosage de l'azote nitrique par la méthode de Devarda. Application aux milieux biologiques”, *Bull. Sci. Pharm.*, XL, 459.
- BARGELLINI, Y., PIANTO, E. DEL, MARINI & BETTOLO, - 1946 - „Sur l'activité antibactérienne de deux acides licheniques: l'acide usnique et l'acide vulpinique”, *Atti. Acad. Naz. Linchei Rendic. Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, I, n° 12, 1252—1255.
- BARJAC, H. - 1955 - „Essai d'interprétation bactériologique de sols tourbeux acides”, Thèse de Doctorat, Paris.
- BARTSCH, A. F. - 1945 - publié 1948, „A heavy mortality of fishes resulting from the decomposition of algae in the Yahara River, Wisconsin”, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 75, 177—180.
- BECKER, Y., GUILLEMAT, J., GUYOT, L. & LELIEVRE, D. - 1951 - „Sur un aspect phytopathologique du problème des substances racinaires toxiques”, *C. R. Acad. Sci. Paris*, n° 2, 233, 198.
- BENOIT, R. J. - 1955 - „Relation of phosphorus content to algae blooms”, *Sewage industrial water, U.S.A.*, 27, n° 11, 1267—1269.

- BERE, R. - 1933 - „Numbers of Bacteria in inland lakes of Wisconsin as shown by the direct microscopic method”, *Int. Rev. Hydrobiol.*, 29, 248.
- BIEDERMANN, W. & SCHWARZENBACH, G. - 1948 - „Dosage du calcium et du magnésium par le Complexon III”, *Chimia*, 2, 56.
- BIRGE, E. A. & JUDAY, C. - 1934 - „Particulate and dissolved organic matter in inland lakes”, *Ecol. Monogr.*, 4, 440—474.
- BOURCART, J., & FRANCIS-BEUF, C. & ROMANOVSKY, V. - „Techniques d'étude des sédiments et des eaux qui leur sont associées”, 1943, Actualités Sc. et Indus., 952.
- BRANNON, M. A. - 1937 - „Algae and growth substances”, *Science*, 86, 353.
- BRANNON, M. A. & BARTSCH, A. F. - 1939 - „Influence of growth substances on growth and cell division in green algae”, *Amer. J. Bot.*, 26, 271—279.
- BRAUS, H., MIDDLETON, F. M. & WALTON, G. - 1951 - „Organic chemical compounds in raw and filtered surface waters”, *Anal. Chem.*, 23, 1160—1164.
- BROOKE, M. - 1953 - „Carbonate alkalinity indicators”, *J. chem. Educ.*; U.S.A., 30 n° 8, 419—420.
- BRUNISHOLZ, G., GENTON, M. & PLATTNER, E. - 1953 - „Sur le dosage complexométrique du calcium en présence de magnésium et de phosphates” *Helv. Chim. Acta*, XXVI, 782.
- BURSCHE, E. M. - 1955 - „Beitrag zur Frage des Krautschwundes in H2S - Oscillatoria”, *Seen. Z. Fischerei*, 4, n° 1—2, 53—99.
- BUYDENS, R. & MUYLLE, R. - 1952 - „Dosage du fer dans les eaux”, *Bull. Centre Belge Eaux*, n° 18, 241—345.
- BUTTERFIELD, C. T. & PURDY, W. C. - 1931 - „Some interrelationships of plankton and bacteria in natural purification of polluted water”, *Ind. and Eng. Chem.*, 13, 213—218.
- CHARLOT, G. & BEZIER, D. - 1955 - „Analyse quantitative minérale”, Masson.
- CHARLOT, G. & GAUGUIN, R. - 1952 - „Dosages colorimétriques”, I vol. 243 pages.
- CHOLODNY, N. - 1929 - „Zur Methodik der quantitativen Erforschung des bakteriellen Planktons”, *Zbl. Bakt.* (2), 77, 179—193.
- CHU, S.P. - 1943 - „The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planctonic algae - Part. II - The influence of the concentration of inorganic nitrogen and phosphate phosphorus”, *J. Ecol.*, 32, n° 2, 109—148.
- COFFIN, C. C., HAYES, F. R., JODREY, L. H. & WHITEWAY, S. G. - 1949 - „Exchange of materials in a lake as studied by the addition of radioactive phosphorus”, *Canad. J. Res.*, 27D, n° 4, 207—222.  
et voir aussi: *Nature Lond.*, 1949, 163, 963—964.
- COFFIN, C. C. - 1951 - voir à HAYES.
- COLLINS, G. - 1957 - „Planctonic Bacteria”, *J. gen. Microbiol.*, 16, n° 1, Febr. 1957.
- COSANDEY, E. - 1955 - „Etude hydrobiologique du lac de Bret. Ecologie, Systématique, périodicité et association du phytoplancton”, *Schweiz. Z. Hydrol.*, 17, n° 1, 1—86.
- COULON, F. - 1956 - „Über die Fettbildung und den Plastidenformwechsel bei *Nitzschia palea*”, *Arch. Protistenk.*, 101, n° 4, 443—476.
- DANGEARD, P. A. - 1921 - „Observations sur une Algue cultivée à l'obscurité depuis huit ans”, *C.R. Acad. Sci.*, Paris 172, 254.
- DATTA, S. P. & RABIN, B. R. - 1956 - „The chelation of metal ions by dipeptides and related compounds”, *Biochim. Biophys. Acta*, 19, n° 3, 572—574.
- DE KOCK, P. C. - 1955 - „Influence of humic acids on plant growth”, *Science*, 121, 473—474.

- DELSAL, J. L. & MANHOURI, H. - 1955 - „Etude comparative des dosages colorimétriques du phosphore. Recherche d'une méthode de haute sensibilité applicable au dosage du phosphore organique dans les sels après chromatographie”, *Bull. Soc. Chim. biol.*, XXXVII, n° 9—10, 1041—1054.
- DIENERT, F. - 1912 - „Eaux douces et eaux minérales”, I vol. 363 pages.
- DIENERT, M., GUILLERD, A., ETRILLARD, P. & WANDENBULKE, F. - 1935 - „Alimentation en eau des villes”, I vol. 234 pages.
- DROOF, M. R. - 1957 - „Vitamin B12 in Marine Ecology”, *Nature Lond.*, 180 1041—1042.
- DUGGELI, M. - 1939 - „Ergebnisse bei der bakteriologischen Untersuchung der dem Stausee Wagital entnommenen Wasser und Schlammproben”, *Z. Hydrol.*, 8, 207.
- DUVAL, C. - 1956 - „Traité de microanalyse minérale”, 4 tomes, Presses Scientifiques internationales.
- FISHER, R. A. - 1936 - „Statistical Methods for Research Workers”, 6th Ed., London: Olivier & Boyd.
- FITCH, C. P., BISHOP, L. M., BOYD, W. L., GORTNER, R. A., ROGERS, C. F. & TILDEN, J. E. - 1934 - „Water-bloom as a cause of poisoning in domestic animals”, *Cornell Veterinarian*, 24, 1—40.
- FRED, E. B., WILSON, F. C. & DAVENPORT, A. - 1924 - „The distribution and significance of bacteria in Lake Mendota”, *Ecology*, 5, 322.
- FREERKSEN, E. & BONICKE, R. - 1951 - „Über antibakterielle Prinzipien in Höheren Pflanzen”, *Z. Hyg.*, 132, n° 5, 417—449.
- FUSE, Y. P. - 1947 - „Emploi de l'extrait de Levures dans la culture des algues d'eau douce”, *C.R. Acad. Sci., Paris*, 255, 199—201.
- GERLOFF, G. C. & FOLLE SKOOG, - 1957 - „Nitrogen as a limiting factor for the growth of *Microcystis aeruginosa* in Southern Wisconsin Lakes”, *Ecology*, 38, n° 4, 556—561.
- GORHAM, E. - 1955 - „On the acidity and salinity of rain”, *Geochimic. Cosmochim. Acta*, 7, 231—239.
- 1956 - „On the chemical composition of some waters from the moor house nature reserve”, *J. Ecol.*, 44, 375—382.
- 1957 - „The chemical composition of lake waters in Halifax County, Nova Scotia”, *Limnol. et Oceanogr.*, 2, 12—21.
- 1957 - „Chemical composition of rain from Rosscahill in country Galway”, *Irish Natural. J.*, XII, n° 6, janvier.
- 1957 - „The chemical composition of some natural waters in the Cairn Gorm. Strath Spey district of Scotland”, *Limnol. and Oceanogr.*, 2, n° 2.
- 1958 - „The influence and importance of daily wheather conditions in the supply of chloride, sulphate, and other ions to fresh waters from atmospheric precipitation”, Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, n° 679, 241, 147—148.
- 1958 - „The salt content of some ice samples from Nordaustlandet (North east land), Svalbard”, *J. Glaciol.*, 3, n° 23, 181—186.
- GRAHAM, V. E. & YOUNG, R. T. - 1934 - „A bacteriological study of Flathead Lake, Montana”, *Ecology*, 15, 101.
- HARVEY, H. W. - 1949 - „Chimie et biologie de l'eau de mer”, (trad. de l'Anglais par C. Francis-Boeuf et Cl. Lalou), I vol., Paris.
- HASLE, G. R. - 1954 - „The reliability of single observations in phytoplankton surveys”, *Nytt. Mag. Bot. Norge*, 2, 121—137.
- HASLER, A. D. & JONES, E. - 1949 - „Demonstration of the antagonistic action of large plants on Algae and Rotifers”, *Ecology*, 30, n° 3, 359—364.

- HAYES, F. R. & COFFIN, C. C. - 1951 - „Le phosphore radioactif et les échanges de matières nutritives dans les lacs”, *Endeavour*, X, n° 38, 78—81.
- HENRICI, A. T. - 1938 - „Studies of fresh water bacteria. IV. Seasonal fluctuations of lake bacteria in relation to plankton production”, *J. Bact.*, 35, 129.
- HERMAN, F. A. & GORHAM, E. - 1957 - „Total mineral material, acidity, sulphur and nitrogen in rain and snow at Kentville, Nova Scotia”, *Särtryck Tellies* n° 2.
- HOLSINGER, E. C. T. - 1955 - „The distribution and periodicity of the phytoplankton of three Ceylan lakes”, *Hydrobiol.*, 7, n° 1, 25—35.
- HORESKER, B. L., MA, J. S. & HAAS, E. - 1940 - „Methode de dosage colorimétrique du phosphore”, *J. biol. Chem.*, 136, 775.
- HUBER-PESTALOZZI, G. - 1938-1950 - „Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer”, Bd. XVI, Teil. 1, 2, 3, Stuttgart.
- HUSTEDT, FR. - 1930 - „Bacillariophyta, Süßwasserflora Mitteleuropas von Pascher”, H. 10, 2 Aufl. 466 p., Jena.
- HUTCHINSON, G. E. - 1950 - „Limnological studies in Connecticut - IX - A quantitative radiochemical study of Phosphorus cycle in Linsley”, *Pond, Ecol.*, 31, n° 2, 194—203.
- ICHIOKA, P. S., ARNON, D. I. - 1955 - „Molybdenum in relation to nitrogen metabolism - II - Assimilation of ammonia and urea without molybdenum by *Scenedesmus*”, *Physiol. Plant.*, 8, n° 3, 552—560.
- JAMES, H. R. - 1941 - „Beer's law and the properties of organic matter in lake waters”, *Trans. Wisc. Acad. Sci. Arts Lett.*, 33, 73—82.
- JÄRNEFELT, H. - 1958 - „On the typology of the northern lakes”, *Verh. int. Limnol.*, XIII, Stuttgart.
- JERUSALEMSKI, N. D. - 1932 - „Ein Versuch die Bakterienpopulation des Moskauflusses und seiner Zuflüsse nach der direkten Methode der Bakterioskopie zu untersuchen”, *Microbiology*, I, 164.
- JORGENSEN, E. G. - 1956 - „Growth inhibiting substances formed by algae”, *Physiol. Plant.*, 9, n° 4, 712—726.
- JOURNAL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, - 1950 - 42, 52.
- 1°. Advances in chemical and colorimetric Methods by J. J. CONNORS.
  - 2°. The versenate titration for total hardness by HARVEY DIEHL, CHARLES A. GOETZ & CLIFFORD C. HACH.
  - 3°. Total hardness determination by direct colorimetric titration by J. D. BETZ & C. A. NOLL.
- KLEIBER, A. - 1894 - „Qualitative and quantitative bakteriologische Untersuchungen des Zürichseenwassers”, Inaug. Diss. Zurich (quoted by Fred WILSON & DAVENPORT).
- KOBLENZ - MISHKE, O. I. - 1955 - „Sur les besoins de certaines algues de la Mer Noire en éléments nutritifs minéraux”, *Trudy Inst. Okeanol. S.S.S.R.*, 13, 89—93.
- KOMAROVSKY, B. - 1953 - „A comparative study of the phytoplankton of several fish ponds in relation to some of the essential chemical constituents of the water”, *Bull. Res. Coun. Israel*, 2, n° 4, 379—410.
- KOZHOV, M. M. - 1955 - „Modifications saisonnières et annuelles du plancton du lac Baikal”, *Trudy vsesojuzn gidrobiol. Oshch. S.S.S.R.*, 6, 133—57.
- KUFFERATH, H. - 1929 - „La culture des Algues”, *Rev. Algol. Paris* IV, n° 1—4, 127—246.
- KUSNETZOV, S. I. & KARZINKIN, G. S. - 1931 - „Direct method for the quantitative study of bacteria in water and some considerations on the causes which produce a zone of oxygen-minimum in Lake Gluboje”, *Zbl. Bakt. (2)*, 83, 169.

- 1956 - „Application of radioactive isotopes in study of processes of photosynthesis and chemosynthesis in Lakes”, Proc. Int. Conf. Geneva.
- LACHIVER, F. & LELOUP, J. - 1954 - „Microdosage colorimétrique du fer et du cuivre”, Technique de laboratoire, Chimie Phy iqu et Chimie Biologique, I vol. 930 pages Masson.
- LEFEVRE, M. - 1935 - „Sur la signification des corpuscules trépidants chez les Desmidiées”, Vol. du Tricentenaire du Museum National d’Histoire Naturelle, Paris.
- 1937 - „Technique des cultures cloniques de Desmidiées”, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 10ème série, 19.
- 1940 - „Signification et valeur du facteur pH en hydrobiologie”, *Bull. Soc. Cent. d’Aquat.*, 1—7.
- 1941 - „Recherches hydrobiologiques sur les Rivières Mares et Etangs du Domaine National de Rambouillet”, *Bull. Franç. Piscicult.*, n° 122, 1—55.
- 1943 - „Un intéressant problème d’Hydrobiologie: l’origine, le métabolisme et l’évolution des Fleurs d’eau”, *Rev. Sci.*, 81, 8, 369—376.
- 1945 - „Recherches hydrobiologiques sur les étangs de Sologne”, *Ann. Stat. Cent. Hydrobiol.*, I, 23—88, (en collab. avec J. DUCHE et J. SPILLMANN).
- 1949 - „Sur les propriétés peu connues de certaines Algues d’eau douce et leurs possibilités d’application”, *Bull. Soc. Bot. Nord de la France*, 2, n° 3, 86—89.
- 1950 - „Aphanizomenon gracile lemm. cyanophyte défavorable au zooplankton”, *Ann. Stat. Cent. Hydrobiol Appli.*, 3, 205—208.
- 1958a - „De l’influence des matières organiques sur la nature et l’abondance du plancton”, sous presse au *Bull. Stat. Cent. Hydrobiol. Appl.*
- 1958b - „Contribution à la connaissance des Bactéries des collections d’eau stagnantes et de leur rôle en hydrobiologie”, *Hydrobiol.*, XII 55—72.
- LEFEVRE, M. & FARRUGIA, G. - 1956 - „Sur quelques propriétés des eaux de ruissellement contribuant au remplissage des mares et étangs”, *C.R. Acad. Sci.*, Paris 242, 1915—1917.
- LEFEVRE, M. & FARRUGIA, G. - 1958 - „De l’influence sur les Algues d’eau douce des produits de décomposition spontanée des substances organiques d’origine animale et végétale”, *Hydrobiol.* X, 49—65.
- LEFEVRE, M. & JAKOB, H. - 1949 - „Sur quelques propriétés des substances actives tirées des cultures d’Algues d’eau douce”, *C.R. Acad. Sci., Paris* 229, 234—236.
- LEFEVRE, M. JAKOB, H. & NISBET, M. - 1950 - „Sur la sécrétion par certaines Cyanophytes de substances algostatiques dans les collections d’eau naturelles”, *C.R. Acad. Sci., Paris* 230, 2226—2227.
- LEFEVRE, M. & NISBET, M. - 1948 - „Sur la sécrétion par certaines espèces d’Algues de substances inhibitrices d’autres espèces d’Algues”, *C.R. Acad. Sci., Paris* 226, 107—109.
- LOISELEUR, J. - 1954 - „Microdosage du phosphore”, Techniques de laboratoire, Chimie Physique et Chimie Biologique, I vol. 930 pages, Masson.
- MACKERETH, H. - 1957 - „Chemical analysis in ecology illustrated from lake district tarns and lakes”, *Proc. Linn. Soc. London*, Sess. 167, 1954—55, Pt2.
- MACKINNON, A. F. - 1950 - „Rapport sur l’intoxication par des Algues”, *Canad. J. comp. Med.*, 14, n° 6, 208.

- MANUAL ON INDUSTRIAL WATER - 1954 - published by the American Society for testing Materials, Philadelphia.
- MASON, M. F. & WHEELER, R. E. - 1942 - „Observations upon the toxicity of blue green Algae”, *Proc. Fed. Amer. Soc. exp. Biol.*, I, 124.
- MESTAYER, H. - 1950 - „Méthodes de dosages volumétriques du calcium et du magnésium”, *L'eau*, n° 6, 85.
- MILTON, R. F. & WATERS, W. A. - 1955 - „Methods of quantitative micro-analysis”, Edward Arnold (Publishers) London.
- MINDER, L. - 1920 - „Zur Hydrophysik des Zürich und Walensees, nebst Beitrag zur Hydrochemie und Hydrobakteriologie des Zürichsees”, *Arch. Hydrobiol. Plankt.*, 12, 122.
- 1927 - „Über den Bakteriengehalt des Zürichsees”, *Z. naturf. Ges. Zürich*, 72, 354.
- MOLLIEX - 1924 - „Analyse chimique des eaux potables”, Lefrançois.
- MONER, J. G. - „Evidence for a swarming substance which stimulates colony formation in the development of *Pediastrum duplex Meyen*”, 1954, *Biol. Bull. U.S.A.*, 107, n° 2, 236—46.
- NIELSEN, E. S. - 1955 - „An effect of antibiotics produced by plancton algae”, *Nature, Lond.*, 176, n° 44 81, 553.
- NISBET, M. & JAKOB, H. - 1949 - „Action des substances excrétées en culture, par certaines espèces d'Algues, sur le métabolisme d'autres espèces d'Algues”, *Verh. Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 10, 259—264.
- OSBORN, E. M. - 1943 - „On the occurrence of antibacterial substances in green plants”, *Brit. J. exp. Path.*, 24, 227—231.
- OSTERTAG, N. & RICK E. C. R. - 1951 - „Effect of other ions on the colorimetric determination of calcium by murexide” *Water pollution Abstr.* 24, n° 4, abs. 435.
- PACAUD, A. - 1934 - „Matière organique dissoute et répartition de *Moina brachiata Jurine*”, *C.R.S. Soc. Biol.*, CXV, 1164.
- 1939 - „Contribution à l'étude des Cladocères”, Supplément au *Bull. Biol. France et Belgique*.
- PASCHER, A. - 1927 - „Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz”, Jena, 1913—1927.
- PFENNIGER, A. - 1902 - „Beiträge zur Biologie des Zürichsees”, *Z. Gewasserk.*, 6, 321.
- PRATT, R. - 1938 - „Influence of auxine on the growth of *Chlorella vulgaris*”, *Amer. J. Bot.*, 25, 498—501.
- PRATT, R. - 1942 - „- V - Some properties of the growth inhibitor formed by *Chlorella cells*”, *Amer. J. Bot.*, 29, n° 2, 142—148.
- PRATT, R. & FONG, J. - 1940 - „Farther evidence that *Chlorella cells* form a growth inhibiting substance”, *Amer. J. Bot.* 27, n° 6, 431—436.
- PREScott, G. W. - 1948 - „Objectionable algae with reference to the killing of fish and other animals”, *Hydrobiol.*, 1, 1, 1—13.
- PRINGSHEIM, E. G. - 1946-1949 - „The biphasic or soil-water culture method for growing Algae and Flagellate”, *J. Ecol.*, 33, 193—204.
- „Pure culture of Algae”, Cambridge University Press, 119 pages.
- RESUMOW, A. S. - 1932 - „Die direkte Methode der Zählung der Bakterien im Wasser und ihre Vergleichung mit der Koch'schen Plattenkultur-Methode”, *Microbiology*, 1, 145.
- ROUND, F. E. - 1956 - „The phytoplankton of three water supply reservoirs in central Wales”, *Arch. Hydrobiol.* 52, n° 4, 457—469.
- ROSSUM, J. R. & VILLARUZ, - 1949 - „Rapid methods for total hardness in water”, *W. tr. and Sew. Wks.*, 96, 391.

- RUTTNER, F. - 1932 - „Anhang zu Beiträge zur Bakteriologie der Lünzer Seen”, *Int. Rev. Hydrobiol.*, 26, 431.
- SAUNDERS, W. - 1957 - „Interrelations of dissolved organic matter and pH Phytoplankton”, *Bot. Rev.*, 23, n° 6, 389—410.
- SCHWARZENBACH, G., BIEDERMANN, W. & BANGERTER F., - 1946 - „Komplexone VI - Neue einfache Titriermethoden zur Bestimmung der Wasserhärte”, *Helv. Chim. Acta*, XXIX, 811.
- SHAPIRO, JOSEPH - 1957 - „Chemical and biological studies on the Yellow Organic Acids of Lake Water”, *Limnol. and Oceanography*, 11, n° 3, July.
- SKOJINCEV, B. A. & KRYLOVA, L. P. - 1955 - „Résultats de l'étude de quelques problèmes de la dynamique des substances organiques dans les eaux naturelles”, *Trudy vsesokuzn hidrobiol. Obschh S.S.S.R.*, 6, 38—45.
- STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND SEWAGE - 1946 - Amer. Public. Health Assoc., 9th Ed.
- STARKW, H. & MCCOY, E., 1938, „Distribution of bacteria in certain lakes of northern Wisconsin”, *Zbl. Bakt.* (2), 98, 201.
- STEPHENS, E. L. - 1948 - „Microcystis toxica, sp. nov., a poisonous alga from the Transvall and Orange Free State”, *Trans. Roy. Soc. S. Africa*, 32, 105—112.
- STEWART, A. G., BARNUM, D. A. & HENDERSON, J. A., 1950, „Intoxication par des Algues dans l'Ontario”, *Canad. J. Comp. Med.*, 14, n° 6, 197—202.
- SYMOENS, J. J. - 1957 - „Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines: les milieux et leur végétation algale”, *Bull. Soc. r. Bot. Belge*, 89, n° 6, 111—134.
- SYMPOSIUM D'HYDROBIOLOGIE - 1941.
- TAYLOR, C. B. - 1939 - „Bacteria of lakes and impounded waters”, *Brit. Water Wks Ass. Off. Circ.*, 21, 617.
- 1948, „Etude bactériologique des lacs”, *Endeavour* VII, n° 27, 111—115.
- TAYLOR, E. W. - 1949 - „The examination of waters and water supplies” 6th Ed. Philadelphia, Blakiston, 819 pages.
- TILLMANS, J. - 1932 - „Die Chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser”, Halle.
- TOUPLAIN, F. - 1922 - „Analyse générale des eaux”, I vol. 244 pages.
- TREADWELL, F. P. & W. D. - 1948 - „Manuel de chimie analytique”, Dunod, 2 tomes.
- TRESCHOW, CECIL VON & GABRIELSEN, E. K. - 1933 - „Zur Bestimmung von Nitrat in Pflanzen und Böden”, *Z. Pflan.*, Teil A, 32. Band, Feft 5/6, 376.
- VILLERET, S. - 1953 - „Etude hydrobiologique de quelques mares des environs de Rennes”, *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, 28 n° 1, 87—111.
- 1955 - „Contribution à la biologie des Algues des tourbières à Sphaignes”, Thèse de Doctorat.
- VINCENT - 1948 - „Antibiotiques des végétaux supérieurs”, *Prod. Pharm. Fr.*, 3, 341—348, 3, 391—398.
- VOTINCEV, K. K. - 1955 - „La répartition verticale et le dynamisme saisonnier des substances organiques dans le lac Baikal”, *Dokl. Akad. Nauk S.S.S.R.*, 101, n° 2, 349—362.
- WAKSMAN, SELMAN A. - 1941 - „Aquatic bacteria in relation to the cycle of organic matter in lakes”, Symposium on Hydrobiology, 1941.
- 1948 - „Antagonismes microbiens et substances antibiotiques”, Traduction française de J. DUCHE, 1 vol. Paris.

- WEST, W. & G. S. - 1923 - „British Desmidiaceae”, 5, London.
- WILBAUX, R. - 1952 - „Dosage des matières organiques dans les eaux *Bull. agr. Congo Belge*, XLIII, n° 3.
- WOLF, G., FALLAB, S. & ERLENMEYER, H. - 1955 - „Über das Cu<sub>2</sub> + — Bindungsvermögen einiger Aminosäuren und Peptide Metallionen und Biologische Wirkung”, *Exp. Suisse*, 11, 2, 440—442.
- WURTZ, A. - 1949 - „Propriétés particulières d'une fleur d'eau de Cyanophycées: *Microcystis aeruginosa* Kütz”, *Bull. Soc. Bot. de France*, 96, Février.

# The Ingestion and Digestion of Algae by *Chloeon dipterum* L. (Ephemeroptera)

by

D. SEYMOUR BROWN

(Department of Zoology, University of Leicester)

With 7 tables and 2 figures in text

## CONTENTS

|   |    |
|---|----|
| I. Introduction .....   | 82 |
| II. INGESTION .....   | 82 |
| 1. Method.....  | 82 |
| 2. Results .....  | 82 |
| 3. Summary of results .....   | 89 |
| III. DIGESTION. EXAMINATION OF GUT CONTENTS.....                      | 89 |
| 1. Method.....  | 90 |
| 2. Results .....  | 90 |
| a. Spirogyra .....  | 90 |
| b. Closterium leibleinii .....  | 91 |
| IV. DIGESTION. THE VIABILITY OF ALGAE AFTER PASSAGE THROUGH GUT ..... | 91 |
| 1. Method.....  | 91 |
| 2. Results .....  | 92 |
| 3. Summary of results .....   | 93 |
| V. DISCUSSION .....   | 93 |
| SUMMARY .....   | 95 |
| ACKNOWLEDGEMENTS .....  | 96 |
| REFERENCES .....  | 96 |

## I. INTRODUCTION

From a comparison of the gut contents of larvae of *C. dipterum* with the flora of two ponds WISSMEYER (1926) concluded that the larvae did not ingest particular algae selectively. He suggested that when algae were relatively more abundant in the gut than in the habitat the larvae had been feeding on local concentrations of these species. IVANOVA (1958) showed that when Ephemeropteran larvae were allowed a choice between compartments containing various species of algae and vascular plant foods, they congregated in those compartments that contained the food material that was ingested most frequently under natural conditions. *C. dipterum* showed a preference for filamentous algae, *Centroptilum luteolum* MULL. and *Baetis* sp. for diatoms, and several species including *Heptagenia sulphurea* MULL. and *Ephemerella ignita* PODA for dead leaves. There was also evidence that among the filamentous algae offered *C. dipterum* selected *Spirogyra*.

The results of a long series of food analyses of the food of larvae of *C. dipterum* collected in the field showed that the larvae did not ingest all the algae available to them in the habitat (BROWN, 1960). Selection was more marked by the smaller larvae and the experiments described below were carried out in order to investigate the relationship between the size of larvae and the size of algae that they were able to ingest.

Several authors have commented on the low proportion of vegetable material that appears to be assimilated by aquatic invertebrates of the total quantity ingested (GATJEN 1926, GAESKAYA 1956, FRYER 1957b); the most detailed study of this phenomenon is by LEVANIDOV (1949). Algal cells have been observed to pass apparently unchanged through the gut of larvae of Ephemeroptera (WISSMEYER 1926, IVANOVA 1958, MOON unpublished data). These observations cast some doubt on the importance of algae as food and the results are given below of experiments with *Chloeon dipterum* which showed that many species of algae are digested with great efficiency.

## II. INGESTION

### 1. Method.

Larvae were starved for 12 hours and those in which the gut was empty were placed in dishes containing a single species of alga after their length, from the front margin of the head capsule to the base of the cerci, had been measured. After 1 hour they were killed in 5 % formalin and the alimentary canal was examined for the presence of algae. The mean width of the filaments, or the dimensions of the cells,

of the algae provided as food were measured. Algae used in the experiments were maintained in pure cultures derived from material obtained from local habitats and from the Botany Department, Cambridge.

## 2. Results.

The results obtained for the ingestion of algae by *C. dipterum* are given in Table I.

With the exception of coccoid cells that occurred in all larvae, *Hydrodictyon* and *Cladophora*, a direct relationship was found between the frequency with which the algae used in the experiments were ingested and the size of the larvae (Table I.)

TABLE I  
*The ingestion of algae by C. dipterum.*

| Key to algae. |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| i.            | <i>Spirogyra</i> 1.                   |
| ii.           | <i>Spirogyra</i> 2.                   |
| iii.          | <i>Cladophora crispata</i> (whole).   |
| iv.           | <i>Cladophora crispata</i> (chopped). |
| v.            | <i>Hydrodictyon</i> (whole)           |
| vi.           | <i>Hydrodictyon</i> (chopped).        |
| vii.          | <i>Oedogonium cardiacum</i> .         |
| viii.         | <i>Ulothrix subtilissima</i> .        |
| ix.           | <i>Oscillatoria</i> sp.               |
| x.            | <i>Anabaena</i> sp.                   |
| xi.           | <i>Closterium leibleinii</i> .        |
| xii.          | Coccoid cells.*                       |

n. — number of larvae used in experiment.

% — percentage in which alga was present.

\* Included in this category were all small round green cells that it was impossible to identify; several genera of Chlorococcales are probably represented.

For those species of algae for which values of 0 and 100 % occurrence were not obtained directly these values were obtained by extrapolation of graphs (Figs. 1 & 2). The largest size of larva in which 0 % occurrence for a particular alga was recorded was referred to as the minimum larval size (MLS) for that alga. Similarly, the larval size in which occurrence was 100 % was referred to as the optimum larval size (OLS) for ingestion of that alga. These sizes are listed below (Table II) and it is evident that algae of small size were ingested at a lower MLS and eaten freely at a correspondingly lower OLS than larger species. *Ulothrix* was ingested by all the sizes of larvae used but the decrease in its frequency of occurrence in larvae of less than 2.5 mm. indicated that it was ingested with more difficulty in the smaller larvae.

Of the blue-green algae, *Oscillatoria* occurred in a high percentage of larvae in the 0.5—2.5 mm size groups, while *Anabaena* was present in only 2 out of a total of 41 that were fed upon it. The width

TABLE I

## Size of larvae

| mm.     | Algae |     |     |     |    |    |     |      |    |    |    |     |
|---------|-------|-----|-----|-----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|
|         | i     | ii  | iii | iv  | v  | vi | vii | viii | ix | x  | xi | xii |
| 0—0.5   | —     | —   | —   | —   | —  | —  | —   | —    | —  | —  | —  | —   |
| 0.5—1.0 | 9     | 11  | —   | —   | —  | —  | —   | —    | —  | —  | 5  | 0   |
| 1.0—1.5 | 6     | 66  | —   | —   | —  | —  | —   | —    | —  | —  | 12 | 8   |
| 1.5—2.0 | 5     | 80  | —   | —   | —  | —  | —   | —    | —  | —  | 5  | 25  |
| 2.0—2.5 | 10    | 100 | 7   | 4   | 5  | 0  | 5   | 100  | 6  | 0  | 5  | 0   |
| 2.5—3.0 | 5     | 100 | 8   | 0   | 9  | 22 | 12  | 91   | 5  | 0  | 10 | 90  |
| 3.0—3.5 | —     | —   | 7   | 14  | 16 | 6  | 5   | 100  | 5  | 25 | 5  | 100 |
| 3.5—4.0 | —     | —   | 8   | 33  | 5  | 0  | 5   | 75   | 5  | 66 | —  | —   |
| 4.0—4.5 | —     | —   | 8   | 30  | 11 | 0  | 5   | 75   | 5  | 25 | 12 | 72  |
| 4.5—5.0 | —     | —   | 8   | 71  | 12 | 41 | 7   | 71   | 13 | 40 | 6  | 90  |
| 5.0—5.5 | —     | —   | 7   | 87  | 10 | 24 | 7   | 85   | 15 | 33 | 12 | 100 |
| 5.5—6.0 | —     | —   | 9   | 100 | 8  | 56 | 5   | 100  | —  | —  | —  | —   |
| 6.0—6.5 | —     | —   | 8   | 100 | 10 | 33 | 5   | 100  | —  | —  | —  | —   |

of the filaments of these algae did not differ greatly and the marked difference in the extent to which they were ingested appeared to be due to some factor other than size.

TABLE II

*The minimum MLS) and optimum OLS) sizes of larvae of C. dipterum for the ingestion of various species of algae*

| Species of algae                     | MLS.              | OLS.        | Dimensions of algae                 |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|
| <i>Ulothrix subtilissima</i>         | less than 0.5 mm. | 2.5—3.0 mm. | 13 $\mu$ .                          |
| <i>Spirogyra</i> 1.                  | 0.0—0.5           | 2.0—2.5     | 26—35                               |
| <i>Oedogonium cardiacum</i>          | 0.5—1.0           | 1.5—2.0     | 26—116                              |
| <i>Closterium leibleinii</i> (dead)  | 1.5—2.0           | 4.0—4.5     | 116 $\times$ 33—<br>206 $\times$ 33 |
| <i>Hydrodictyon</i> (chopped)        | 2.0—2.5           | 4.0—4.5     | 39—133                              |
| <i>Cladophora crispata</i> (whole)   | 2.0—2.5           | 5.0—5.5     | 100—115                             |
| <i>Closterium leibleinii</i> (fresh) | 3.5—4.0           | 5.5—6.0     | 116 $\times$ 33—<br>206 $\times$ 33 |
| <i>Spirogyra</i> 2.                  | 2.5—3.0           | > 6.0       | 93                                  |

The shorter dimension measured in *Closterium* was the perpendicular distance between two imaginary parallel lines passing between the apices of the cell and touching the convex wall of the cell.

The frequency of ingestion of *Hydrodictyon* and *Cladophora* varied greatly and never exceeded 66 %. When the algae were chopped up finely both species were ingested far more readily, the OLS for *Hydrodictyon* being about 4.5 mm, and for *Cladophora* 2.5 mm. The % occurrence of these algae remained low when they were whole even in the largest larvae examined, ie. 6.0—6.5 mm in the case of *Cladophora*, and appeared to vary independently of the size of the larvae (*Hydrodictyon*) or to increase only slightly with larval size (*Cladophora*). In addition to the width of the filament there may be another property of these algae that limits the extent to which they are ingested the effect of which is reduced or destroyed by chopping the algae up.

Cultures of *Closterium leibleinii* contained large numbers of empty cells often in a folded or twisted condition, which it seemed would be ingested more easily than the living cells. Because of this an accurate picture of the extent to which living *Closterium* was ingested could not be obtained by recording the frequency of empty cell walls in the food. The results of feeding experiments in which the numbers

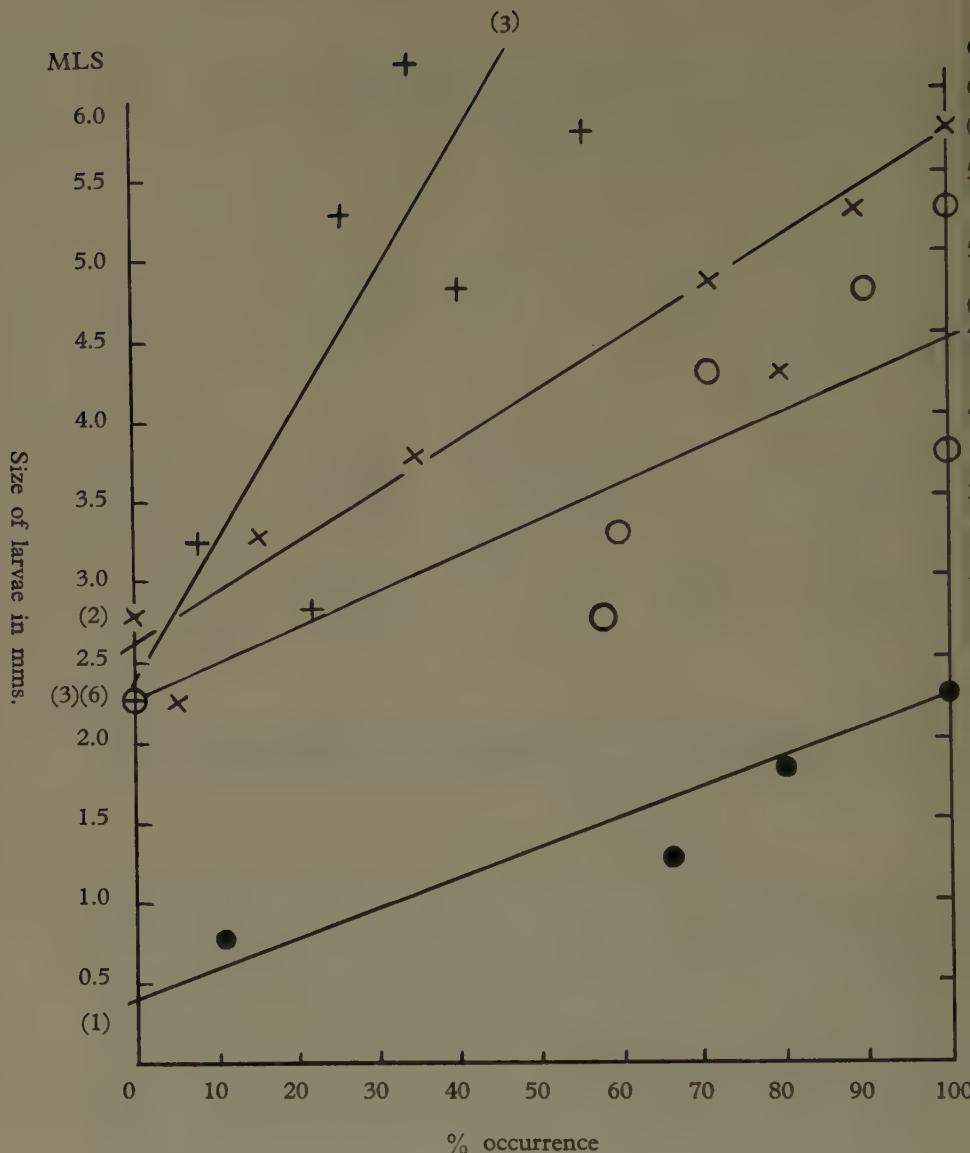


Figure 1. The frequency of ingestion of the algae *Spirogyra* 1. (1), *Spirogyra* 2. (2), *Cladophora crispata* (3), and chopped *Hydrodictyon* (6), by larvae of *C. dipterum* of various sizes. The levels at which the lines intersect the left and righthand ordinates represent the minimum and optimum larval sizes (MLS and OLS, see text) for the ingestion of these algae.

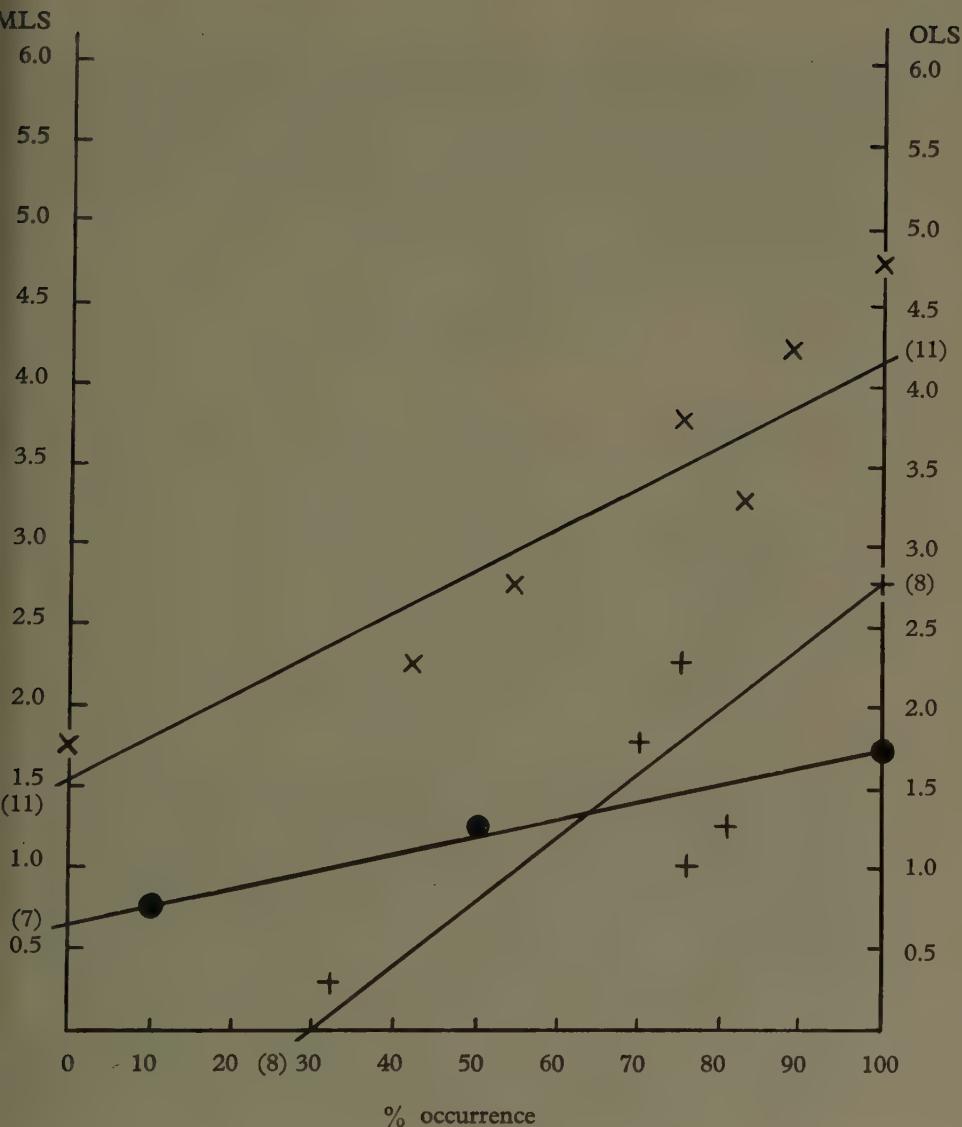


Figure 2. The frequency of ingestion of the algae *Oedogonium cardiacum* (7), *Ulothrix subtilissima* (8), *Closterium leibleinii* (11) by larvae of *C. dipterum* of various sizes.

The levels at which the lines intersect the left and righthand ordinates represent the minimum and optimum larval sizes (MLS and OLS, see text) for the ingestion of these algae.

of cells in a fresh condition in the food, ie., containing at least a trace of green chloroplast, were recorded are given below (Table III). Larvae were fed for periods of 10—20 minutes only because experiments on digestion showed that this alga was fed upon discontinuously and rapidly digested. The results show that the MLS for the ingestion of live *C. leibleinii* was 3.5—4.0 mm in comparison with 1.5—2.0 mm for empty cells (Table II).

TABLE III

| <i>Size of larvae.</i> | <i>No. examined.</i> | <i>Fresh cells present</i> |
|------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1.5—2.0                | 5                    | 0                          |
| 2.0—2.5                | 5                    | 0                          |
| 2.5—3.0                | 4                    | 0                          |
| 3.0—3.5                | 4                    | 0                          |
| 3.5—4.0                | 6                    | 0                          |
| 4.0—4.5                | 6                    | 2                          |
| 4.5—5.0                | 1                    | 1                          |
| 5.0—5.5                | 3                    | 2                          |
| 5.5—6.0                | 3                    | 3                          |
| 6.0—6.5                | —                    | —                          |
| 6.5—7.0                | 2                    | 2                          |

Coccoid cells were present in all the larvae examined. The size of the cells in the food culture was found to vary widely and a direct relationship existed between the size of the larvae and the maximum size of the cells that they ingested (Table IV). The gut contents of each of a number of measured larvae that had been starved and fed upon the alga were suspended in water on a slide, and a rapid estimation of the range of size of the cells present was made. The

TABLE IV

*The mean diameter of coccoid cells in the food of small *C. dipterum*.*

| <i>Size of larva</i> | <i>dm</i> | <i>n</i> |
|----------------------|-----------|----------|
| food culture         | 30 $\mu$  | —        |
| 0.5—1.0              | 13        | 10       |
| 1.0—1.5              | 17        | 10       |
| 1.5—2.0              | 16        | 10       |
| 2.0—2.5              | 17        | 5        |

*n* — number of larvae examined

*dm* — mean diameter of largest cells

diameter of 10 of the largest cells was then measured at a magnification of X 400 with an eyepiece scale. The mean diameter (dm) of the largest cells in the food culture was found in the same manner. In larvae from 1.0—2.5 mm dm was relatively constant, but considerably smaller than dm in the culture, and larger than in larvae of less than 1.0 mm. It is probable that the food culture, which was derived from material obtained from a pond, was composed of several species of Chlorococcales and that the different values of dm obtained for the culture, larvae from 1.0—2.5 mm, and larvae from 0.5—1.0 mm represent cells of different species.

### 3. Summary of results.

*Chloeon dipterum* ingested 12 species of algae of which *Anabaena* was fed upon with least frequency.

There was a direct relationship between the size of *C. dipterum* and the frequency with which 7 of the species of algae were ingested. Coccoid cells were found in all larvae and a direct relationship was found between the size of the cells ingested and the sizes of the smallest larvae. *Ulothrix* was also ingested by the whole of the size range of larvae used but was ingested less frequently by the smaller larvae. For the other species there existed a minimum size of larva below which a particular alga was not ingested, and an optimum larval size above which an alga was ingested freely. These sizes were directly related to the dimensions of the algae.

*Hydrodictyon* and *Cladophora* were ingested relatively infrequently and independently of the size of the larvae. This suggested the presence of a repellent factor or barrier that exerted its influence independently of the size of the larvae. Its effect was apparently destroyed by chopping the algae up finely when they were both ingested freely.

The importance of distinguishing between the ingestion of dead and living algae was demonstrated in the case of *Closterium leibleinii*. The minimum size of *C. dipterum* capable of ingesting live cells was found to be considerably higher than that at which empty husks were ingested.

## III. DIGESTION. EXAMINATION OF GUT CONTENTS

In the experiments described above in which larvae were fed with green algae for 1 hour or more, algal cells in an apparently undigested condition were found in the food only when it consisted of *Ulothrix* or coccoid cells. In the case of other species the cell walls were often torn and the contents of every cell were either reduced to a greenish fluid containing starch grains or the chloroplasts were much

altered from the fresh condition. In order to investigate the speed with which this change took place, larvae were fed upon algae and the contents of the gut examined after various intervals of time.

### 1. Methods.

The gut contents of large larvae fed upon *Spirogyra* 1. and *C. leibleinii* were examined for the presence of fresh or relatively unaltered algal cells at intervals of 5 to 60 minutes after the commencement of feeding. In *C. dipterum* fed upon *Spirogyra* counts were made in 22 large larvae of the numbers of 'full' and 'empty' cells in the fore-, mid-, and hind-guts. Cells that retained any trace of contents were counted as full. Measurements were made in each region of the gut of the mean length of 30 pieces of filament in 25 larvae fed upon *Spirogyra*. These pieces were selected at random by scanning a suspension of the gut contents under a microscope until 30 pieces had been found.

### 2. Results. a. *Spirogyra*.

In all the larvae examined the chloroplasts were greatly altered from the fresh condition. Least alteration had taken place in those larvae killed after they had been feeding for 5 minutes. There was no difference in the appearance of the food in the anterior and posterior parts of the gut. This impression was confirmed by the lack of a significant difference between the proportion of empty and full cells in the three regions of the gut. The mean length of pieces of filament in the hind gut was significantly smaller than the mean lengths in the fore and mid-guts which were approximately the same (Table V).

TABLE V

*The mean length of pieces of Spirogyra in the food of C. dipterum*

|                     |    | Numbers of larvae |
|---------------------|----|-------------------|
|                     | +  | —                 |
| F. compared with M. | 12 | 11                |
| M.                  | 10 | 4                 |
| F.                  | 13 | 2                 |

+ — mean length of 30 pieces of filament larger

— — mean length of 30 pieces of filament smaller

F. — fore-gut

M. — mid-gut

H. — hind-gut

Digestion of *Spirogyra* by *C. dipterum* was rapid and efficient. The cells were greatly altered from the fresh condition in less than 5 minutes after ingestion, a process that took place in the fore-gut there being no evidence of progressive alteration of the food posteriorly in the gut apart from a decrease in the mean length of pieces of filament between the mid and the hind-gut. That no chloroplasts in a relatively fresh condition were found in the gut after 5 minutes indicated that under the conditions of the experiments feeding was discontinuous, algae being ingested immediately at the beginning of the feeding period and then retained in the gut for periods of at least 90 minutes during which time no more were ingested.

b. *Closterium leibleinii*.

Large larvae of *C. dipterum* of over 5 mm in length that were known to be capable of ingesting living *C. leibleinii* were used in the experiments. Similar results were obtained as for *Spirogyra*. In the larvae that had been feeding for more than 20 minutes the cell contents were greatly altered from the fresh condition. Least alteration had occurred in those larvae that had been fed for 10 minutes. Feeding followed a similar discontinuous pattern, relatively fresh cells being absent from the gut from 20 to 90 minutes after the commencement of feeding.

#### IV. DIGESTION. THE VIABILITY OF ALGAE AFTER PASSAGE THROUGH THE GUT.

With few exceptions all the algae used in the experiments described above appeared to be thoroughly digested. To find out if this was in fact so the hind-gut contents of larvae that had been fed upon various algae in the laboratory were cultured on suitable media in order to reveal the presence of viable cells. Gut contents of larvae collected in the field were also cultured in order to find out if cells remained viable in the food ingested under natural conditions.

##### 1. Method.

Material from the hind-gut was placed upon an agar plate containing Chu 10 solution with added soil extract. After 7 days the plate was examined for algal growth. Choice of the culture medium was based on preliminary experiments which showed that a greater abundance and variety of algal growth was obtained on an agar medium than in a fluid one. Agar plates also had the advantage of being easily examined. Larvae were brought to the laboratory as quickly as possible and those from which the gut contents were not required immediately for culturing were placed in clean water and

starved. Before each larva was killed it was passed through several changes of water and was examined under a binocular microscope to make sure that it was free from detritus and attached algae. It was then decapitated in such a way that the oesophagus was left intact and by its contraction prevented the food from spurting from the gut. The hind-gut was dissected out and transferred to the culture medium where the wall was broken and the contents spread over the surface of the agar. Inoculations from each of 6 larvae were made on each agar plate.

## 2. Results.

The results of culturing the hind-gut contents of *C. dipterum* fed upon algae for 45 minutes and starved for 15 minutes are given in Table VI.

TABLE VI

*The appearance of algae in cultures of the hind-gut contents of C. dipterum fed in the laboratory*

|                   | Culture of hind-gut contents |   | Direct culture of alga |    |
|-------------------|------------------------------|---|------------------------|----|
|                   | n                            | + | n                      | +  |
| <i>Ulothrix</i>   | 6                            | 6 | 9                      | 9  |
| <i>Oedogonium</i> | 6                            | 1 | 8                      | 7  |
| <i>Vaucheria</i>  | 6                            | 0 | 10                     | 10 |
| <i>Spirogyra</i>  | 6                            | 0 | 9                      | 5  |
| coccoid cells     | 6                            | 6 | 10                     | 10 |

n — number of inoculations

— + — number in which growth occurred

The results of a series of direct inoculations with samples of the algae used as food are included in Table VI. The medium proved to be very satisfactory with the exception of *Spirogyra*. However, as described above, this alga appeared to be efficiently digested and even if it had been possible to provide a wholly suitable medium it is most unlikely that growth would have occurred.

A very heavy algal growth was frequently obtained in cultures of the hind-gut contents of larvae collected in the field. Inoculations were made as soon as possible after collection and at various intervals after this during which the larvae were starved. The results are given in Table VII, and show that viable algae were present in the hind-gut after the food had been retained there for at least 20 hours. There was no difference in the proportion of successful cultures of *Ulothrix* obtained after 1 and 20 hours after collection. A decrease in the proportion of positive cultures was generally obtained in the cases of the other algae as the interval after collection was increased.

### 3. Summary of results.

All algae provided as food in the laboratory appeared to be completely digested within a short time with the exceptions of *Ulothrix*, *Oscillatoria*, and coccoid cells. *Ulothrix* and coccoid cells grew in cultures of the hind-gut contents of larvae fed upon algae in the laboratory.

Viable cells were present in the hind-gut contents of larvae collected in the field. *Ulothrix* was present in most of the cultures and the frequency of occurrence was not reduced after the food had been retained in the gut for at least 20 hours. Diatoms and coccoid species showed decreased viability when the food had been retained in the gut for 9 hours.

TABLE VII

*Cultures from the hindgut of C. dipterum, collected in the field*

n. = No. of inoculations.

+= No. in which growth occurred.

T. = Time interval after collection.

| T.     | <i>Ulothrix.</i> |    | <i>Coccoids.</i> |    | <i>Diatoms*</i> |    | <i>Spirogyra.</i> |   | <i>Colonial coccoid.</i> |   |
|--------|------------------|----|------------------|----|-----------------|----|-------------------|---|--------------------------|---|
|        | n.               | +  | n.               | +  | n.              | +  | n.                | + | n.                       | + |
| 1—     | 24               | 21 | 24               | 24 | 24              | 10 | 24                | 1 | 24                       | 5 |
| 4 hrs. | 24               | 23 | 24               | 23 | 24              | 7  | 24                | 0 | 24                       | 4 |
| 9      | 10               | 10 | 10               | 10 | 10              | 2  | 10                | 0 | 10                       | 2 |
| 12     | 10               | 7  | 10               | 6  | 10              | 0  | 10                | 0 | 10                       | 0 |
| 20     | 8                | 7  | 8                | 6  | 8               | 1  | 8                 | 0 | 8                        | 0 |

\* small species of *Navicula*, *Nitzschia* & *Gomphonema*.

The crop was an important site of digestion. There appeared to be no progressive change in the algae in the gut apart from a decrease in the mean length of the pieces of filamentous algae in the hind-gut.

### V. DISCUSSION

The marked variation in the amount of algae present, the ingestion of empty cells, and the passage of viable cells through the gut, raise the question of whether algal cells are utilised as food to any great extent by Ephemeropteron larvae. RYTHON (1954) found that algal cells were undigested by *Daphnia*, whose growth was inhibited by senescent cultures. Further experimental work may reveal that the larvae of Ephemeroptera and of other orders of aquatic insects are capable of completing their growth in the absence of algal food,

although the results obtained in the present work show that *C. dipterum* at least can rapidly and efficiently digest several species of algae. The species that were only partly digested and cells of which remained viable for at least 20 hours were the narrow filamentous forms *Ulothrix* and *Oscillatoria*, small diatoms, and solitary and colonial Chlorococcales. Assuming that the larvae of Ephemeroptera lack a cellulase, the cell contents of algae, other than diatoms which possess pores in the wall of the frustule, will only be exposed to the digestive enzymes in the gut when the wall is broken. They will then be digested if suitable enzymes are present, unless a further barrier exists in the form of a protective layer on the chloroplast itself (FRYER, 1957a). Rupture of the cell wall can only take place while the algae are collected and passed between the mouthparts as no region of the alimentary canal is equipped with hard processes to act as a gizzard. There is a constriction of the gut at the junction between the mid and hind regions that may serve to break the pieces of filament of large algae, but which would be unlikely to damage a narrow filament or small cell. The structures most suited to tearing the cell walls are the sharp processes on the anterior edge of the right molar surface. Small species would be those most likely to pass between the molar surfaces without damage and it is these which were obtained in the cultures of the hind-gut contents. This conclusion agrees with the conclusions of LEBOUR (1922) that small species of diatoms passed uncrushed through the feeding apparatus and gut of calanoid copepods, and FRYER (1957b) that almost any small algal cell that was swallowed whole was likely to emerge undamaged from the anus of cycloid copepods. FRYER also considered that the possession of an external gelatinous sheath protected an algal cell from damage by the mouthparts and penetration by enzymes in the gut. Progressive dissolution of such a substance would account for the loss of viability by diatoms and colonial *Chlorococcus* after they had been retained in the gut for several hours (Table VII). Diatoms move by secreting a mucous-like substance through the pores in the frustule so that the pores are probably blocked to a varying extent when the cells are ingested, and until the mucous is dissolved the cell contents are protected from the action of the digestive enzymes. The gelatinous sheath surrounding colonial *Chlorococcus* cells must be secreted through the cell wall and it is probable that when this is dissolved away the digestive enzymes may enter through the same pores. The degree to which these algae are utilised as food thus depends on the length of time for which food is retained in the gut which in turn depends on the rate of feeding.

Blue-green algae have been reported to be refused as food and to possess toxic properties in the cases of several animals (KOLENKINA

1951, BORODITCH 1956). On the other hand JONES (1951) found that *Glossosoma boltoni* (Trichoptera) fed on large quantities of a blue-green alga and grew rapidly at this time. The natural food of *C. dipterum* did not contain blue-green algae although these were sometimes fairly abundant in the habitats. In the laboratory large numbers of *C. dipterum* of all sizes ingested *Oscillatoria*. It is thus impossible to generalise on the importance of blue-green algae in the diet of aquatic larvae.

While several species of algae have been found to be efficiently digested by *C. dipterum*, algae formed an unimportant part of the food of larvae collected in the field (BROWN, 1960). ODUM (1957) classified *Callibaetis floridanus*, a species very similar to *C. dipterum*, as "herbivorous, trophic level uncertain" and it is probable that many species of Ephemeropteran larvae utilise several trophic levels. However under certain conditions the diet may be composed almost entirely of algae (BROOK 1954, 1955 a & b) and the larvae may exert an important controlling influence on the growth of populations of algae. Under such conditions competition between different sizes of larva will be reduced by the relationship between larval size and the sizes of algae ingested. This effect will be particularly important in the case of the smallest larvae, large numbers of which appear in the habitat over a short time, but which grow rapidly with a correspondingly rapid change in the maximum size of algal cell that they can ingest.

#### SUMMARY

The ability of larvae of *Chloeon dipterum* L. to ingest various species of algae was investigated in the laboratory. There was a direct relationship between the size of an alga and the frequency with which it was ingested by different sizes of larva. The frequency of ingestion of *Anabaena*, *Cladophora*, and *Hydrodictyon* appeared to be governed by factors in addition to their size.

Several species of algae were thoroughly and rapidly digested by *C. dipterum* in the laboratory.

Cultures of the hind-gut contents of larvae collected in the field, and of those fed upon algae in the laboratory, showed that cells of several species of algae remained viable in the gut for periods of at least 20 hours. These were narrow filamentous forms or small cells with or without a gelatinous sheath. It is suggested that such species pass between the mouthparts without being damaged so that in the absence of a cellulase the digestive enzymes of the gut are unable to penetrate the cell walls.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work forms part of a thesis approved by the University of London for the award of the Degree of Ph. D. It was carried out in the Zoology Department of the University of Leicester, while I was in receipt of a Department of Scientific and Industrial Research Studentship, under the supervision of Professor H. P. MOON to whom I am grateful for encouragement and stimulating discussion. I am grateful to Dr. M. G. WEBB for criticising the text. My thanks are also due to Dr. BARBARA DOUGLAS of the Freshwater Biological Association for help with the identification of algae, and to Mr. E. SINGER for preparing the culture media.

## REFERENCES

- BORODITCH, N. D., 1956. The feeding of *Chironomus f. l. plumosus* and some other aspects of their biology. *Zool. Zh.* 35: 8—15 (In russian).
- BROOK, A. J., 1954. The bottom living algae of slow sand filter beds of waterworks. *Hydrobiologia*, 6: 333—351.
- , 1955a. The attached flora of sand filter beds of waterworks. *Hydrobiologia*, 7: 103—107.
- , 1955b. The aquatic fauna as an ecological factor in studies on the occurrence of algae. *Rev. Algol. n.s.* 1: 142—145.
- BROWN, D. SEYMOUR, 1960. The food of the larvae of *Choleon dipterum* L. and *Baetis rhodani* Pictet (Ephemeroptera) (in preparation).
- FRYER, G., 1957a. The feeding mechanism of some freshwater cyclopoid copepods. *Proc. zool. Soc. Lond.* 129: 1—27.
- , 1957b. The food of some freshwater cyclopoid copepods and its ecological significance. *J. anim. Ecol.* 26: 261—286.
- GAESKAYA, N. S., 1956. Le rôle principaux de la flore aquatique dans les cycles trophiques des différents basins d'eau douce. *Verh. int. Ver. Limnol. IVL*. Bd. XIII.
- GATJEN, L., 1926. Nahrungsuntersuchung bei Phryganidenlarven, (*Phrygania* and *Neuronia*). *Arch. Hydrobiol.* 16: 649—667.
- IVANOVA, S. S., 1958. Nutrition of some mayfly larvae. *Proc. Mikoyan Moscow tech. Inst. Fishing Industry* 9: 102—120 (In russian).
- JONES, E. R., 1951. An ecological study of the River Towy. *J. anim. Ecol.* 20: 68—86.
- KOLENKINA, L. V., 1951. The feeding of some caddis larvae. *Trud. vses. gidriobiol. Obsch.* 3: 44—57 (In russian).
- LEBOUR, M. V., 1922. The food of plankton organisms. *J. mar. Biol. Ass. U.K.* 12: 644—647.
- LEVANIDOV, V. Y., 1949. The nutrition of the water louse *Asellus aquaticus* as an example of the importance of allochthonous material as a foodsource in water. *Trud. vses. hidriobiol. Obsch.* 1: 100—117. (In russian).
- MOON, H. P., Unpublished data.
- ODUM, H. T., 1957. The trophic structure and productivity of Silver Springs, Florida. *Ecol. Monog.* 27: 55—112.
- RYTHER, J., 1954. Inhibitory effects of algae upon *Daphnia*. *Ecol.* 35: 522—533
- WISSMEYER, A., 1926. Nahrungsuntersuchungen bei Ephemeridenlarven. *Arch. Hydrobiol.* 16: 668—698.

# Some new or rare Chrysophyceae from the English Lake District

by

J. W. G. LUND

Freshwater Biological Association, Ambleside, England.  
(With 2 figures in the text)

The algae described here have not been studied as fully as could be desired mainly because of their rarity and great delicacy.

## 1. *Tetrasporopsis pseudofenestrata* n. sp. Fig. 1, A—D.

In January 1952 Mr S. NIELD brought me a sample rich in *Sphagnum* and peat from a small almost overgrown pool near Green Tarn, Claife Heights, Lancashire (o.s. 34/367983) which contained a single large specimen and a few small ones, or fragments, of this alga. Despite repeated visits no more specimens were found and the area is now a thick coniferous plantation.

The large specimen was about 1.5 mm long and 0.5 mm wide (fig. 1A). The numerous cells within were arranged in a more or less random manner to form an irregular network, a few cells thick. The meshes of the network were filled with mucilage which also surrounded the whole colony. In Indian ink only a few particles penetrated into the colony here and there while a large number of mucilaginous outgrowths became visible (fig. 1 B). These faintly greyish outgrowths extended from the surface in all directions and were rather variable in length and breadth. They tapered distally into a rounded apex; the largest were about 150  $\mu$  long and, at the base, 20  $\mu$  broad. It was impossible to see any structure inside them or to relate them to the cells below so that they appear to be simple outgrowths of the mucilage investment.

The cells are similar to those of many naked palmelloid Chrysophyceae. They vary from spherical (ca 10  $\mu$  diam.) to oval or oblong (to 19 by 14  $\mu$ ). There is a single parietal chromatophore lining a large part of the periplast in all the smaller cells, but sometimes two

in the larger ones and this is probably a preliminary to cell division. There are two contractile vacuoles but no stigma. No leucosin was seen, only minute fat globules, but this poverty in reserve substances may be related to the small amount of photosynthesis possible at this time of year.

The following discussion will make it clear that it is impossible to name such an alga satisfactorily. However, unless the motile cells, when found, have two homoeomorphic, acronematous flagella there is no justification for placing it in a new genus (concerning flagella and classification see LUND in the press). The distinctive characters are the solid mucilaginous colonies with irregularly arranged, sub-cylindrical, mucilaginous outgrowths, and containing numerous naked cells arranged irregularly to form a network of variable extent and width.

The outgrowths, in their size, thickness and small numbers relative to the cells of the colony, resemble those of *Chrysochaete* ROSENBERG and *Naegeliella* CORRENS (ROSENBERG 1941, CORRENS 1892, SCHERRFEL 1927, GODWARD 1933 and SIEMINSKA 1949). However, in these two genera, the colonial structure is different and despite the lack of a detailed investigation of the outgrowths of *T. pseudofenestrata*, I have little doubt that they differ from the hairs of the other two genera, particularly because I have often seen *Chrysochaete britannica* (GODW.) ROSEN. B.

There remains the question as to whether this is a species of *Tetrasporopsis* (BRAUN) LEMM., *Phaeosphaera* W. and G. S. WEST or *Chrysodictyon* RAMANATHAN. The species of these genera have been partly rearranged by BOURRELLY (1957), but so little is known about them as yet that this seems to me to be a questionable reorganisation.

*Phaeosphaera* W. and G. S. WEST (1903 cited as 1902 in WEST G. S. (1904) where it is figured) may or may not have cells with a wall, for the WESTS say „the cell-walls are firm but very thin” and „the cells multiply in three directions by simple fission”. The same is true of *P. perforata* WHITFORD (1943, p. 160), concerning the cell division of which nothing is said. The figure (WHITFORD 1943, Plate 21, fig. 14) suggests that the cells are naked as in *T. pseudofenestrata* and one or two contractile vacuoles are said to be frequently present (not „deux vacuoles”, BOURRELLY 1957 p. 277), so that it may have to be removed from this genus. BOURRELLY (1957) does this and places it in *Tetrasporopsis* LEMM. which he considers to be characterised by uniflagellate swarmers (WHITFORD 1946 and see below). *T. pseudofenestrata* has a colony of similar shape and appearance to *P. perforata* but differs in the solid colonies, for only the arrangement of the cells is fenestrate, and in the mucilaginous hair-like outgrowths. BOURRELLY (1957 p. 293) places *Phaeosphaera* in the Chrysosacc-

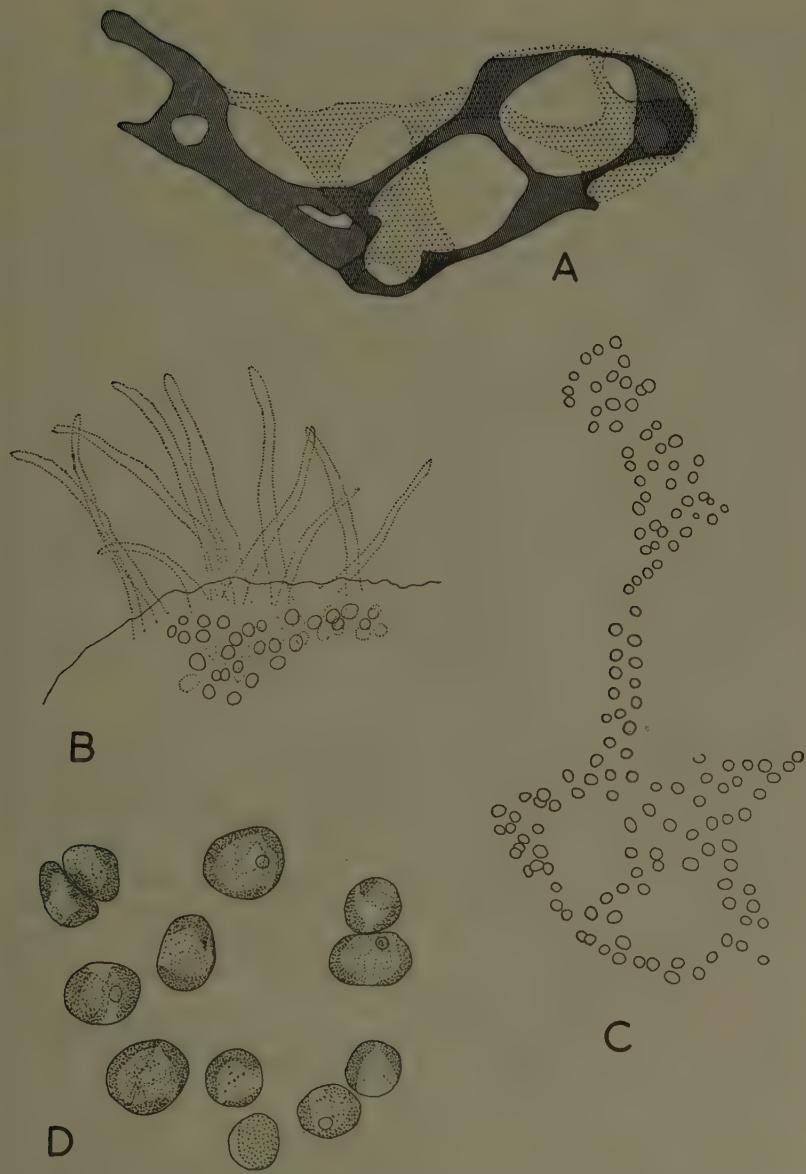


Figure 1. *Tetrasporopsis pseudofenestrata* n. sp.

A, Outline of large specimen, shaded areas contain cells, unshaded, mucilage; B, marginal region, outgrowths visible in Indian Ink; C, a portion of A showing distribution of cells; D, cells. A x 50, B, C x 125, D x 650; all from living material.

ceae which have „absence de membrane cellulaire”. In view of the WEST's (1903) diagnosis this does not seem to be correct and the figure in WEST G. S. (1904, p. 49, fig. 9) shows so many cells arranged in groups of four that reproduction may be by autospores.

*Chrysodictyon indicum* RAMANATHAN (1947) also has a fenestrata colony but certainly has some cells with walls (e.g. RAMANATHAN 1947 figs. 5, 8); RAMANATHAN thinks that these may be cysts. They are not typical Chrysophycean cysts and the presence of encysted cells in a young thallus (RAMANATHAN 1947 p. 187) is unusual. Concerning division of the other cells RAMANATHAN says on p. 187 „While no actual division has been observed, the frequent association of cells in groups of two, four, eight and so on, arranged either serially or in parallel rows in different portions of the thallus suggests the possibility of their derivation through the successive division of all the cells, first into two, then into four and so on”. It equally suggests the possibility that autospores are formed, so that all the cells may have walls. This grouping of the cells is one of the differences from *T. pseudofenestrata* where the irregular arrangement is a consequence of the fission of naked cells. *C. indicum* also differs in that the network of the colony is finer, usually one or two cells thick, and the meshes are commonly wider (RAMANATHAN 1947 Pl. 1), and not filled with mucilage. Lastly the cells are all spherical and the colony lacks mucilaginous outgrowths.

*Tetrasporopsis* LEMMERMANN (1899) is based on *Tetraspora fuscescens* BRAUN (in KÜTZING 1849) and nothing is known of motile cells. BOURRELLY (1957) therefore is not justified in making the uniflagellate nature of the swarmers a generic character. MEYER (1927, 1930) described in considerable detail an alga, *T. reticulata* MEYER, which has such swarmers and naked cells. This is one of the most abundant endemic algae of Lake Baikal and differs from *T. pseudofenestrata* in the delicate network consisting of rows of cells rarely more than two wide (as in *Chrysodictyon indicum*), in the empty meshes, the smaller more or less basin-shaped chromatophore which does not lie wholly against the periplast (MEYER, 1930 fig. 1), and the absence of mucilaginous outgrowths.

Presuming that *Tetrasporopsis fuscescens* has naked cells it seems best to place the present alga provisionally in this genus just as BOURRELLY (1957) places *Phaeosphaera fenestrata* here.

*Tetraspora fuscescens* as described by BRAUN in KÜTZING (1849 p. 226) is such, however, that unless recognisable type material can be found its true nature cannot be determined. LEMMERMANN (1899) placed it in the Chrysophyceae because of its dark olive colour. The description of colour is very subjective and colour itself is an untrustworthy feature unless it involves one or more broad alternatives.

Dark olive as a colour is neither characteristic of Chlorophyceae nor Chrysophyceae. As to what taxonomic emphasis should be placed on the presence or absence of flagellate stages and on flagella structure seems to me to be doubtful in view of recent advances in our knowledge of the Chrysophyceae.

2. *Chrysococcus cystophorus* SKUJA 1956 p. 265 f. *astigmatus*. Fig. 2, A—E.

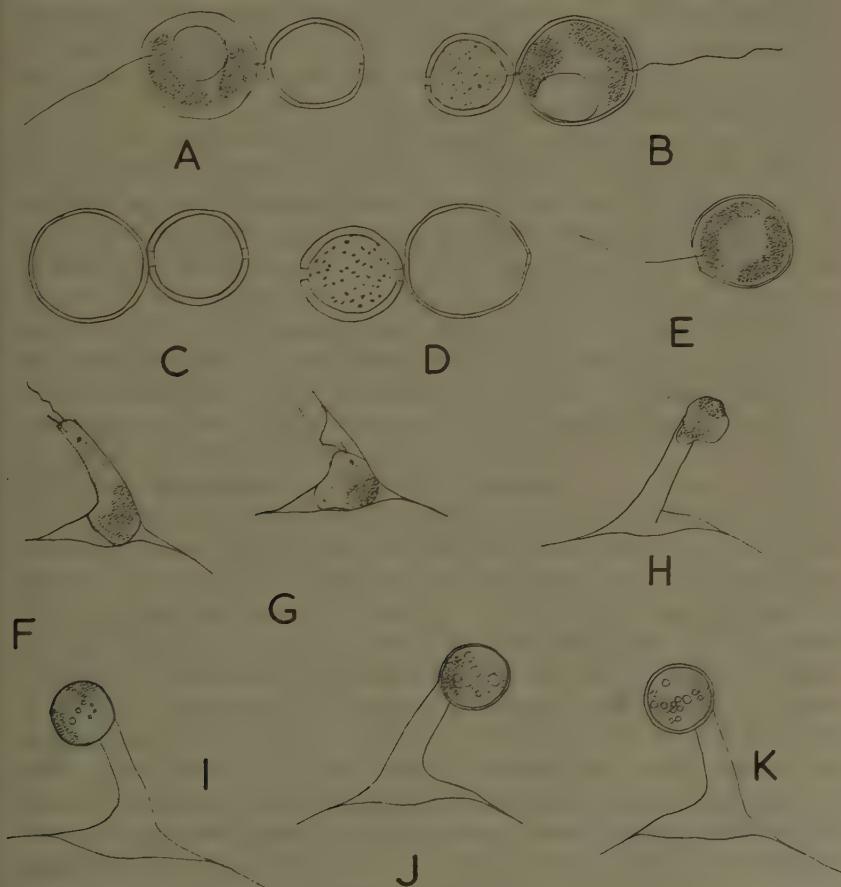


Figure 2. A-E, *Chrysococcus cystophorus* f. *astigmatus* SKUJA; C-H, *Chrysolykos gracilis* n. sp., H-J, stages in the formation of a spore. All  $\times 1250$ .

Most specimens consisted of two envelopes united by a thin, delicate thread. The larger envelope (10—13 by 10—12  $\mu$ ) is globose

to oval, smooth and sometimes very thin (fig. 2 A). It has a pore at each end. The flagellum (circa 15  $\mu$  l) passes through the wide pore and the connecting thread through the narrow one. The cell within has two parietal chromatophores covering most of the surface. They are sometimes very close together and then possibly are united. A large leucosin body is usually present but no stigma. I did not determine whether there were one or two contractile vacuoles. The smaller envelope, which is empty, (9—10 by 8—10  $\mu$ ) is of similar shape to the larger but thicker and pale brown in colour. The surface is sometimes obscurely granular. This may be caused by varying degrees of impregnation with manganese and iron salts. The pores at each end of this envelope are of similar width. The pore adjacent to the envelope containing the protoplast may be so close to its pore that no fine thread joining them is visible.

The alga was present in small numbers in Blelham Tarn, Lancashire (English Lake District) in March and April 1954, that is in the same period of the year as in Sweden (SKUJA 1948). The plankton of this tarn has been observed nearly every week for the past fourteen years. A few specimens consisted only of the envelope containing a live cell.

The Swedish specimens of *C. cystophorus* SKUJA f. *cystophorus* (SKUJA 1948 p. 248) sometimes have a more verrucate empty envelope and a thickened area around the flagella pore of the other envelope but the only significant difference seems to be the presence of a stigma.

The union of an empty envelope with that containing the cell is unique and its origin unknown. SKUJA (1948) apparently only found such specimens and it is possible that the solitary envelopes I saw had been broken off the empty ones during collection and examination. On the other hand, if SKUJA's supposition about the life-history of *C. cystophorus* is correct, later cell divisions should produce normal *Chrysococcus* cells. His suggestion is that the empty envelope is a cyst within which the cell overwinters. The protoplast of a cell reaching the bottom after a planktonic phase could leave its envelope and encyst directly or after a benthic phase. In the following spring it could pass through the pore of this cyst to form the second envelope and a protoplasmic strand uniting them. SKUJA noticed that at the close of the planktonic period most of the live cells were non-motile but his was not seen in the British material.

### 3. *Chrysolkykos gracilis* n. sp. Fig. 2. C-H.

The very delicate, colourless envelope consists of two parts. The base has a more or less ellipsoid central portion the ends of which are prolonged into spinous arms, the spine itself being so thin that its

exact length is often difficult to determine. These two arms may be exactly opposite one another or run in slightly different directions; they may also be straight or curved. They are of approximately equal length or one is somewhat shorter than the other. The length of this portion of the envelope, measured in a straight line from tip to tip, is 20—28  $\mu$ . From the centre of the basal portion arises a narrow tube open at one end (12—16  $\mu$  l.). For most of its length this is of almost the same width; at the open apex it is 2—2.5  $\mu$  br.

The protoplast occupies a variable amount of the envelope and undergoes considerable metaboly so that exact measurements are impossible. It never extends far into the basal arms but at least part of it is in the central basal swelling, though its apex may reach the opening of the envelope. There are two flagella one about five times as long as the other. There is a single parietal chromatophore which may be constricted centrally and a minute anterior stigma. Leucosin was absent in the few specimens seen. It is uncertain whether there are one or two contractile vacuoles.

A few spores were seen. The protoplast loses its flagella and moves in an amoeboid manner to the apex of the envelope. On top of this it rounds off and secretes a firm and relatively thick smooth wall (7—7.5  $\mu$  br.). No pore or plug were visible. Since sexually formed spores of a similar type are known in the genus these may have been parthenospores.

*C. gracilis* has been found only in Wise E'en Tarn, Lancashire (English Lake District Ordnance Survey Ref. 34/366991), a tarn rich in little known planktonic Chrysophyceae.

Two other species of *Chrysolykos* are known. *C. plancticus* MACK (1951 p. 275) and *C. skujae* (NAUWERCK) BOURRELLY (1957 p. 170), syn. *Diceras skujae* NAUWERCK (1955 p. 352). The former was first figured by SCOURFIELD (1930, fig. 4) as an „apparently unrecorded Lepochromonad” and may well have been found in the pools in Epping Forest, Essex which he studied regularly.

*C. plancticus* has a basically similar envelope to *C. gracilis*, but is larger and one of the spinous arms is so much simpler and smaller than the other that MACK (1951) describes it as a spine arising from the widest part of the envelope. The other arm forms a major part of the envelope, is falcate and bent upwards so that its acute tip is at the same level as the middle portion of the tubular opening; sometimes even higher (MACK 1951 Abb 3. M).

*C. skujae* (NAUWERCK) BOURR. forms a link between *C. plancticus* and *C. gracilis* in that the development of the basal spinous processes of the envelope may be unequal or more or less equal (NAUWERCK 1955, comp. Abb. 1 and 2). The tubular portion is shorter, narrower and less cylindrical than in *C. gracilis*. The protoplast has a more

definite shape, from oval to ovoid, has one or two chromatophores and lacks a stigma.

4. *Cyclonexis* STOKES (1886).

A small number, usually less than thirty, of laterally flattened cells are arranged side by side to form a brown, free-swimming, ring-shaped colony. The cells are often nearer to one another at one end than at the other, and then it has the shape of an umbrella with a hole in the top. In very small colonies this 'hole' may be absent. All transitions are found between this shape and that of a bracelet. This striking colony of typical Chrysophycean cells is so unlike any other alga that it is easily recognised. All three species are now recorded for Britain but it is not known whether they are all distinct. The British records of *C. annularis* moreover are doubtful.

*C. uraliensis* POCHMANN 1957, p.70

In the middle of May, 1958, a few specimens were present in a sample from a small puddle in a cart-track close to Nor Moss Tarn, Lancashire (o.s. 34/377987). POCHMANN (1957) considers it to be a strict oligotherm because he found it in snow melt but the water of this little puddle, lying in full sunshine, was warm.

*C. uraliensis* is distinguished by the undulation of the margin of the cell facing outwards (dorsal side) and the presence of a stigma. The undulation usually consists of a central inflation with a more or less broad and deep indentation to each side of it (POCHMANN 1957 abb. 19 b, c). As the cells of *Cyclonexis* are naked and considerable variation in shape is recorded for *C. erinus* JANE, it is important to know whether the dorsal side is always of this type. The few colonies I saw agreed with POCHMANN's description in this and other features, and so differed from those of *C. erinus* JANE seen previously in the same area (LUND 1949).

*C. annularis* STOKES 1886.

The original description of this alga is not sufficiently clear or detailed to know if the doubts cast on the correctness of his figures (STOKES 1888 Pl. 2 figs. 30, 31) are justified or not. Certainly a number of algae so named seem to differ markedly from his species and come so close to *C. erinus* JANE that they may be identical with it. An additional complication is that the descriptions of these algae and those called *C. erinus* are not all the same.

If we accept STOKES's figures and description, the three species are distinguished as follows. *C. uraliensis* has an undulate dorsal side, no discobolocystes, a stigma and one chromatophore. *C. annularis* lacks dorsal undulations, discobolocystes and a stigma but has two chromatophores and *C. erinus* may or may not have discobolocystes, lacks a stigma and has one chromatophore.

STOKES's (1888) figures are open to doubt because of the regularity of the shape of the cells and the suspicion that his two chromatophores may really be the curved margins of a single one, a suspicion not clarified by the rather ambiguous wording. Nevertheless TIFFANY (1934) and WHELDON (1939) confirm the presence of two chromatophores and have depicted organisms, also from the U.S.A., which appear to be *C. annularis* STOKES and not *C. erinus* JANE.

In Britain, *C. annularis* has been recorded by G. S. WEST (in GROVE 1920), while BOLTON (1886) found an alga which WEST believed to be *C. annularis*. In 1929 and 1930 MR H. E. LEES, in correspondence with PROF. F. E. FRITSCH, recorded and roughly figured a *Cyclonexis* from Wales which he thought was „undoubtedly *C. annularis*”. FRITSCH was uncertain about this. From MR LEES notes it would seem to me that his alga is probably *C. erinus*.

Thus all these British records precede the discovery of a second species and the criticisms of STOKES's (1886) account. Therefore, even if *C. annularis* is a properly described species, there is no good evidence that it is a British alga.

#### *C. erinus* JANE 1939.

There seem to be two taxa, distinguished by the presence or absence of the warty, highly refractive pustules which HOVASSE (1948, 1949) calls discobolocystes. These have an apical lenticular body with a vacuole below. Under certain conditions the lenticular body is ejected. These are recorded by HUZEL (1937), HOVASSE (1948, 1949), SKUJA (1956) and BOURRELLY (1957), but not by JANE (1939), LUND (1949) and SKUJA in POCHMANN (1957). Presumably PROF. T. M. HARRIS (see JANE 1939) also did not find such organs.

JANE (1939) clearly studied his alga with great care and SKUJA who is familiar with these discobolocystes (see SKUJA 1956) nevertheless says (in POCHMANN 1957) that they were not present in earlier material from Lettland (SKUJA 1927). HOVASSE (1949 p. 255) says that the small, refractive granule, presumed to be leucosin, which JANE could sometimes see near the base of the flagella (JANE 1940 p. 301, fig. E, 1) is „sûrement un discobolocyste”. If he is right, JANE's alga is peculiar in that only some of the cells have a discobolocyste and then only one. There are numerous Chrysophyceae with superficial vesicular bodies (BOURRELLY 1957, pp. 57–62) and these appear to be constant features of the species concerned though they vary in prominence.

In Britain, therefore, *C. erinus* is known from various parts of England and, if two forms exist, these probably belong to the taxon without discobolocystes. As before, however, it is clear that the taxonomy of *Cyclonexis* needs investigation.

## SUMMARY

*Tetrasporopsis pseudofenestrata* and *Chrysolykos gracilis* are new species. *Chrysococcus cystophorus* f. *astigmata* SKUJA and *Cyclonexis uraliensis* POCHMANN are new British records. *Chrysolykos planctonicus* MACK was recorded but not named by SCOURFIELD (1930).

The taxonomy of *Cyclonexis* STOKES is confused. It is uncertain whether *C. annularis* STOKES and *C. erinus* JANE are separate species but, if they are, the only definite records of the former are from the U.S.A. The known British populations of *C. erinus* seem to lack discobolocysts though HOVASSE (1949) doubts this. The other European populations may or may not possess these organs.

## DIAGNOSES

*Tetrasporopsis pseudofenestrata* n. sp. Colonies (to at least 1.5 mm l. and 0.5 mm wide) of irregular shape, mucilaginous. Cells numerous, arranged more or less at random to form an irregular network whose meshes are filled with mucilage. From the surface of the colony numerous, sub-cylindrical, mucilaginous outgrowths extending in all directions, apices rounded, up to at least 250  $\mu$  l. and, at the base, 20  $\mu$  br. Cells naked (circa 10  $\mu$  diam.) to oval or oblong (to 19 by 14  $\mu$ ). Chromatophore parietal, single or, in the larger cells, sometimes two. Two contractile vacuoles; no stigma. In a small bog pool (Little Green Tarn), Claife Heights, Lancashire, English Lake District.

*Tetrasporopsis pseudofenestrata* n. sp. Coloniae (usque ad 1.5 mm long atque 0.5 mm lat. minime) forma irregulares, mucilaginosae. Cellulae multae, ad reticulum irregulare maculis mucilagine impletis formandum plus minusve fortuite ordinatae. Excrecentiae mucilaginosae subcylindricae multae apicibus rotundatis usque ad 250  $\mu$  longae atque ad basim 20  $\mu$  lat. minime e coloniae superficie quoquaversum abeuntes. Cellulae nuda (ca. ad 10  $\mu$  diam.) globosae ad ovatas oblongatasve (ad 19  $\mu$  per 14  $\mu$ ). Chromatophorus parietalis, unus vel in cellulis maioribus interdum duo. Vacuolae contractiles duae. Stigma nullum. In stagno palustri parvo, (Little Green Tarn) in loco Claife Heights, Lancashire dicto, in regione lacustri Anglicæ.

*Chrysolykos gracilis* n. sp. Lorica delicate colourless; base more or less ellipsoid centrally, prolonged at each end into long arms narrowing into fine spines (length of base, between apices of spines, 20—28  $\mu$ ) From the centre of the base a narrow tubular portion open apically

(12—16  $\mu$  l; 2—2.5  $\mu$  br. at apex). Protoplast metabolic with two flagella, one about five times as long as the other. One parietal chromatophore, one or two contractile vacuoles. Stigma minute, anterior. Spores asexually formed at the apex of envelope, spherical (7—7.5  $\mu$  br.); wall smooth. Planktonic in Wise E'en Tarn, Lancashire, English Lake District.

*Chrysolykos gracilis* n. sp. Lorica delicata, sine colore; basis ad centrum plus minusve ellipsoidea, extrema in parte unaquaque in bracchia longa in spinas tenues angustata producta (basis inter spinarum apices 20—28  $\mu$  long). Pars tubularis angusta a centro basis ad apicem aperiens (12—16  $\mu$  long., 2—2.5  $\mu$  lat. in apice). Protoplatus metabolicus, duobus flagellis, uno c. 5 plo longiore quam alterum, atque uno chromatophoro parietali atque uno vel duabus vacuolis contractilibus atque stigmate anteriore minuto praeditus. Sporae ad apicem involuci asexualiter formatae, sphaericae, (7—7.5  $\mu$  lat.), membranam levem habentes. Species planctonica in loco dicto Wise E'en Tarn, Lancashire in regione lacustri Anglicæ.

The latin diagnoses were kindly prepared by Dr H. CROASDALE.

#### REFERENCES

- BOLTON, T., - 1886 - Micro-organisms in a swampy ditch in Sutton Park. *Midl. Nat. Birmingham.* 9, 173—176.
- BOURRELLY, P., - 1957 - Recherches sur les Chrysophycees. Morphologie, phylogénie, systématique. *Rev. algol. Mem. Hors Serie.* 1, pp. 412
- CORRENS, C., - 1892 - Über eine neue braune Süsswasseralge, *Naegeliella flagellifera* nov gen. et spec. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 10, 629—636.
- GODWARD, M. B., - 1933 - Contributions to our knowledge of British Algae III The genus *Naegeliella* in Britain. *J. Bot. Lond.* 1933, 33—41.
- GROVE, W. A., BRISTOL, B. M. & CARTER, N., - 1920 - The flagellates and algae of the district around Birmingham. Compiled from records left by the late PROF. G. S. WEST. *J. Bot. Lond.* 58, suppl. III. pp. 55.
- HOVASSE, R., - 1948 - La discobolocyste organite lanceur de projectile chez la Chrysomonadine *Cyclonexis erinus*. *C. R. Acad. Sci. Paris* 226, 1038—1039.
- HOVASSE, R., - 1949 - Contributions à l'étude des Chrysomonadines. *Botaniste*, 34, 243—271.
- HUZEL, C., - 1937 - Beitrag zur Kenntnis der mikroskopischen Pflanzenwelt der Rauhen Wiese bei Böhmenkirch. *Veröff. Württ. Landesst. Natur-schutz.* 13, 1—148.
- JANE, F. W., - 1940 - Two new Chrysophycean flagellates—*Cyclonexis erinus* and *Synochromonas elaeochrus*. *Proc. Linn. Soc. Lond.* 152 Sess, 1939—40, 298—309.
- KÜTZING, F. T., - 1849 - Species Algarum. *Lipsiae.*

- LEMMERMANN, E., - 1899 - Das Phytoplankton Sächsischer Teiche. *ForschBer. biol. Sta. Plön.* 7, 96—135.
- LUND, J. W. G., - 1949 - New or rare British Chrysophyceae I. *New Phytol.* 48, 453—460.
- LUND, J. W. G., - (In the press) - Contributions to our knowledge of British Chrysophyceae 3. *New Phytol.*
- MACK, B., - 1951 - Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Chrysophyceen. *Öst. bot. Z.* 98, 249—79.
- MEYER, C. I., - 1927 - Les algues de l'extrême septentrionale du lac Baikal. *Arch. russ. Protistol.* 6, 93—118.
- MEYER, C. I., - 1930 - Einige neue Algenformen des Baikalsees. *Arch. Protistenk.* 72, 158—175.
- NAUWERCK, A., - 1955 - *Diceras skujai*, eine neue *Diceras*-Art aus Lappland. *Svensk. bot. Tidskr.* 49, 352—353.
- POCHMANN, A., - 1957 - Über die Kerbungen des Zellrandes bei *Phacus* und eine ähnliche bei einer Chrysomonade beobachtete Erscheinung. *Arch. Protistenk.* 102, 44—83.
- RAMANATHAN, K. R., - 1947 - *Chrysodictyon indicum* gen. et sp. nov., a new member of the Chrysophyceae from South India. *J. Ind. bot. Soc.* 185—189.
- ROSENBERG, H., - 1941 - *Chrysochaete*, a new genus of the Chrysophyceae, allied to *Naegelella*. *New Phytol.* 40, 304—315.
- SCHERRFEL, A., - 1927 - Beitrag zur Kenntnis der Chrysomonaden II. *Arch. Protistenk.* 57, 331—361.
- SCOURFIELD, D. J., - 1930 - Nannoplankton and its collections by means of the centrifuge. *Watson's micr. Rec.* 1930, 3—6.
- SIEMINSKA, J., - 1949 — *Naegelella flagellifera* Correns in Poland. *Bull. Acad. Polon. Sci. Lett. Cl. Sci. Math. Nat. Ser. B. Sci. Nat.* 1949, 15—22.
- SKUJA, H., - 1927 - Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland. III. *Acta Hort. bot. Univ. latv.* 2, 57—116.
- SKUJA, H., - 1948 - Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. *Symbol. Bot. Upsaliens.* 9, pp. 399.
- SKUJA, H., - 1956 - Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischen Binnengewässer. *Nova Acta Soc. Sci. Upsaliens.* Ser. 4, 16, pp. 404.
- STOKES, A. C., - 1886 - Notices on new freshwater Infusoria. *Proc. Amer. Phil. Soc.* 23, 562—528.
- STOKES, A. C., - 1888 - A preliminary contribution towards a history of the freshwater Infusoria of the United States. *J. Trenton Nat. Hist. Soc.* 1, 71—319.
- TIFFANY, L. H., - 1934 - The plankton algae of the west end of Lake Erie. *Contr. Stone Lab. Ohio Univ.* No. 6, pp. 112.
- WEST, G. S., - 1904 - The British Freshwater Algae. pp. 372. Cambridge.
- WEST, G. S. & WEST, W., - 1903 - Notes on freshwater algae. *J. Bot. Lond.* 1903, 33—41.
- WHELDON, R. M., - 1939 - Notes on New England Algae. I. *Cyclonexis* and *Actidesmium. Rhodora*, 41, 133—137.
- WHITFORD, L. A., - 1943 - The freshwater algae of N. Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 59, 131—170.
- WHITFORD, L. A. - 1946 - The structure and composition of a recently described freshwater alga, „*Phaeosphaera perforata*“ (Chrysophyceae). *Amer. J. Bot.* 33, 827.

# La Germination de la Zygospore et l'Ontogénèse des Filaments chez *SPIROGYRA STICTICA* WILLE

par

A. LOUIS

(Professeur à l'Université de Louvain)

La germination des zygospores dans les genres *Zygnema*, *Mougeotia* et *Spirogyra* ainsi que l'ontogénèse des filaments n'ont été que rarement l'objet d'études poussées. Ceci provient en partie du fait qu'après la fécondation des gamètes et la formation des zygotes, les filaments-mères dégénèrent, et les zygotes, bien protégées dans leurs multiples membranes, tombent au fond de l'eau, y passant une période de repos, qui peut s'étendre sur plusieurs mois, voir même des années, avant de germer. Cette germination d'ailleurs se fait au fond de l'eau, et les filaments jeunes ne remontent à la surface qu'après avoir atteint le développement adulte.

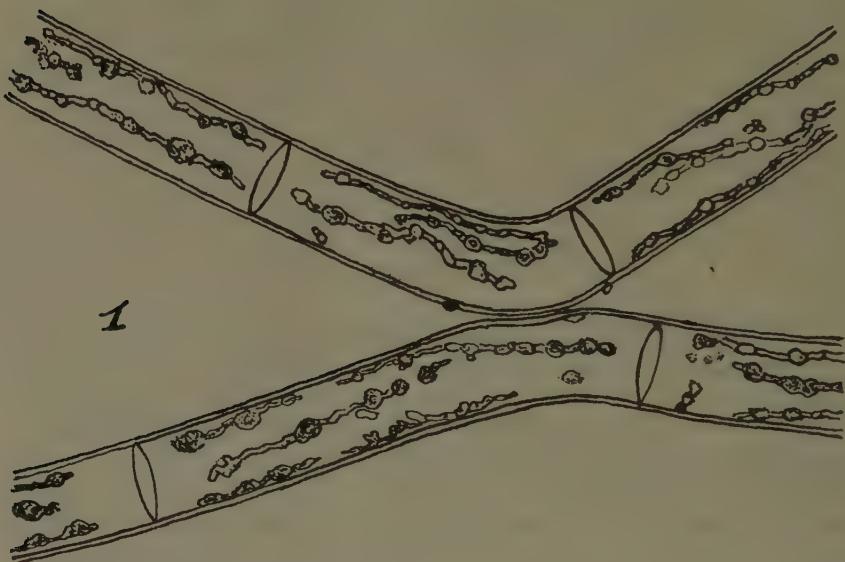
D'autre part la culture prolongée des *Spirogyra's* „in vitro” présente également certaines difficultés, dues sans doute à plusieurs causes, dont la hausse de l'acidité du milieu. En effet des mesures régulières de pH du milieu de culture, assez restreint et toujours fermé, montrent quelquefois des hausses, pouvant comporter plusieurs dizièmes de degré par jour; ce qui entraîne la dégénération rapide des filaments récoltés en nature.

Afin d'étudier la germination nous avons récolté, au mois de mai 1957, des filaments de *Spirogyra stictica* WILLE dans une ancienne coupure de la Dyle à la limite de Muyzen et Rymenam (lez Malines). Ces filaments furent mis en culture au laboratoire dans un récipient en plexiglas de 4 cm de largeur, sur 18 cm de hauteur et 43 cm de longueur, bien exposé à la lumière naturelle; l'eau évaporée fut régulièrement remplacée par de l'eau distillée.

Les filaments récoltés se développèrent parfaitement dans ce milieu. Peu après la mise en culture de nombreuses copulations eurent lieu, après quoi les filaments dégénérèrent, formant au fond

de la cuvette une mince couche de dépôt et laissant la culture apparemment vidée de vie.

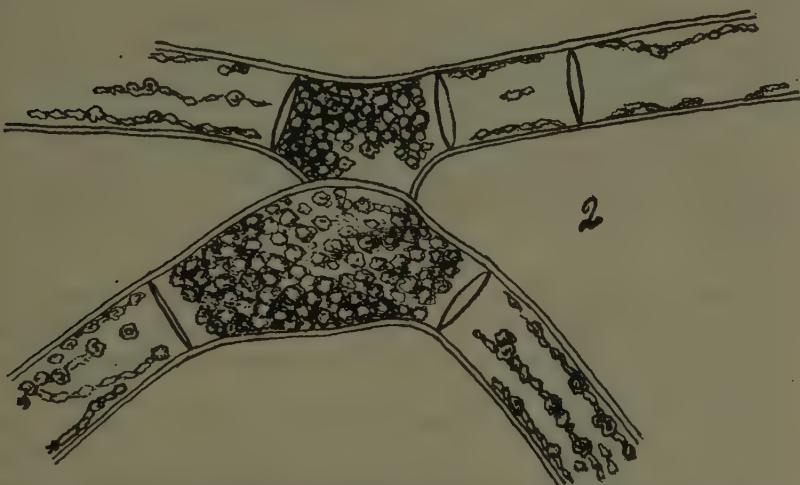
Au mois d'octobre suivant la culture se repeuplait; des nouveaux filaments réapparurent. A ce moment nous avons réussi à suivre les stades successifs de la germination et de l'ontogénèse des jeunes filaments.



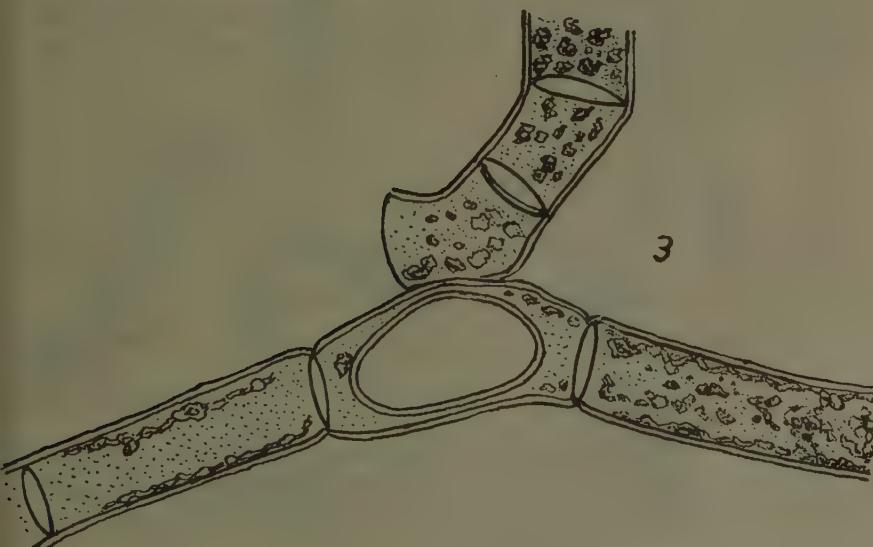
Les filaments étudiés de *Spirogyra stictica* WILLE présentaient les caractères suivants: la largeur des cellules variait de 44 à 51  $\mu$  (la plupart mesurant 47  $\mu$ ); la longueur des cellules variait de 225 à 487  $\mu$ , (la longueur minimale correspondant à celle des nouvelles cellules-filles, la longueur maximale correspondant à celle des cellules-mères immédiatement avant la division cellulaire). Nous avons compté 4 chloroplastes étirés suivant l'axe de la longueur de la cellule et normalement couchés le long des parois longitudinales. Chaque filament ne comporte qu'un nombre très restreint de cellules fertiles. Le canal copulateur n'existe pratiquement pas, mais les gamétanges se flétrissent lors de la copulation (fig. 1 et 2); en plus le gamétange ♀ peut se renfler jusqu'à 50 % du diamètre somatique. Les zygotes présentent une forme ellipsoïde et arrondies aux pôles (fig. 3); elles mesuraient 90 à 95  $\mu$  sur 58 à 62  $\mu$  (fig. 3). L'exosporium reste mince, glabre et incolore; le mésosporium est épais, glabre et jaune à brunâtre; l'endosporium est mince et incolore.

En dehors de la station précitée où l'espèce était abondante au cours de l'année 1957, et où depuis nous ne l'avons plus rencontrée,

nous ne l'avons jamais rencontrée au cours de nos nombreuses herborisations de 1957 à mars 1960 dans des multiples stations du district de l'Escaut de St Amand à la frontière hollandaise ou des districts de la Dyle ou du Rupel.



Dans la littérature nous n'avons trouvé que quelques mentions de sa présence en Belgique, notamment par DE WILDEMAN en 1896 (Rouge-Cloître, Lier et Eyne) et par KUFFERATH (1934, Campine). D'après KRIEGER (1944, p. 429) l'espèce serait répandue à travers l'Europe et l'Amérique du Nord. Elle fut mentionnée au Brésil, en Uruguay, en Argentine, au Mexique; en Afrique du Sud et du Nord, en Chine et aux Indes.



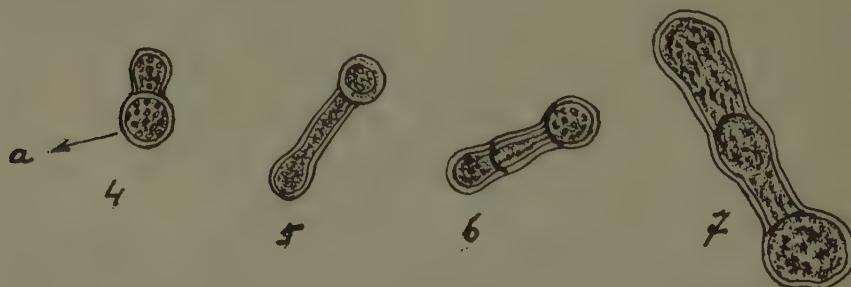
Nous avons constaté que peu de temps après la fécondation — allant de quelques jours à trois semaines — les zygotes subissent les cinèses de réduction; les contours des tétrades, au moins deux, se dessinent à l'intérieur du mésosporium brun. Ces zygospores restent probablement à l'intérieur de la triple membrane de la zygote, pendant le séjour au fond de l'eau, pour s'en échapper au moment de la germination. A leur libération on les trouve très souvent adhérents à un substrat, souvent l'une au l'autre algue filamentuse.

Ces zygospores sont de forme ronde ou légèrement ovale (fig. 4, a), le plus grand diamètre étant celui de la largeur. Les dimensions longueur x largeur constatées sont: 22 x 25  $\mu$ , 16 x 22  $\mu$ , 19 x 28  $\mu$ , 19 x 24  $\mu$ , 19 x 25  $\mu$ , 16 x 22  $\mu$ , 19 x 22  $\mu$ , 16 x 19  $\mu$ , 22 x 28  $\mu$ , 17 x 25  $\mu$ .

Le contenu de la zygospore est épais et constitué principalement par l'enchevêtrement des chloroplastes. La zygospore est entourée d'une double membrane, dont l'extérieure donnera naissance à l'étui cuticulaire du filament.

C'est à ce moment que débute la germination. La zygospore fonctionne comme un méristème et par ses divisions répétées engendrera un jeune filament constitué de plusieurs dizaines de cellules petites et de forme quelque peu spéciale. Pendant cette période méristématisique les cellules-filles du filament ne subissent aucune division, exception faite pour certaines cellules de forme spéciale.

Ce phénomène de la germination débute par le fait que la zygospore produit une petite cellule (fig. 4); cette première cellule, plus ou moins arrondie et de dimensions légèrement inférieures à la zygospore, subit un étirement rapide (fig. 5), l'extrémité distale conservant toutefois la forme de bourrelet; sa longueur peut comporter de 22 à 50  $\mu$ . L'étui cuticulaire de la zygospore s'est acrru jusqu'à envelopper la nouvelle cellule.



Après cette première cellule, la zygospore engendrera une seconde cellule (fig. 6 et 7), qui comme la première, subira un étirement assez considérable, conservant l'extrémité distale également en

bourrelet. En même temps la cuticule s'est développée jusqu'à couvrir entièrement le jeune filament.

De façon identique la zygospore va proliférer une troisième, une quatrième, même plusieurs dizaines de cellules (fig. 8 et 9). Toutes ces jeunes cellules subissent rapidement la différenciation décrite pour les deux premières (fig. 9 et 10). La prolifération méristématique de la zygospore restant toujours marquée par le fait que la dernière cellule produite par elle est initialement assez courte (fig. 9). Après les étirements les bourrelets distaux deviennent moins prononcés.

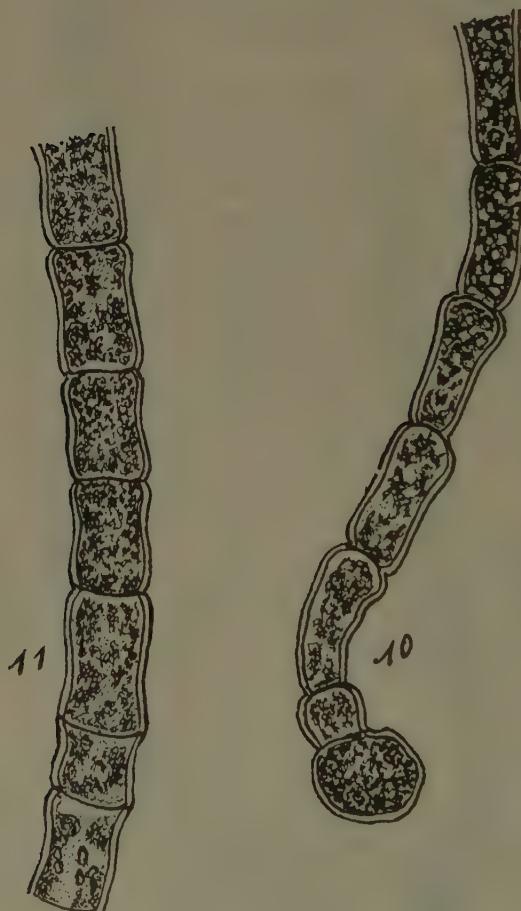
L'étiement caractéristique des chloroplastes s'observe quelquefois à partir de filaments tout jeunes (fig. 7).



Le filament représenté dans les fig. 8 et 10 comportait en dehors de la zygospore cent et cinq cellules. La largeur des cellules ne dépassait jamais la largeur primitive de  $15 \mu$ , en dehors des bourrelets, qui eux ne dépassaient jamais  $21 \mu$ . La longueur variait de  $25 \mu$  (dernière cellule proliférée) à  $57 \mu$  (56e cellule).

A la fin de ce premier stade nous avons constaté que plusieurs cellules à bourrelet distale subissaient une division cellulaire séparant le bourrelet du reste de la cellule. On obtenait ainsi deux types de cellules dans le filament: des cellules rondes, provenant des bourrelets, et des cellules étirées, provenant des parties proximales des cellules-mères.

Ce premier stade de l'ontogénèse du filament se caractérise donc par:  
1° le fonctionnement méristématique de la zygospore;



- 2° un étirement longitudinal des cellules-filles;
- 3° un premier type de division somatique, engendrant des cellules arrondies et des cellules rectangulaires;
- 4° la formation de la gaine cuticulaire.

Suite aux phénomènes décrits, la zygospore par son fonctionnement méristématique a donné origine à un filament constitué d'un nombre déjà élevé de cellules de taille réduite, qui à la fin peuvent se différencier en cellules rondes et rectangulaires.

Le second stade de l'ontogénèse du filament consiste en une croissance en largeur des cellules. En effet la culture comprenait un nombre croissant de filaments à cellules notablement plus larges, allant de 37 à 41  $\mu$  — largeur intermédiaire entre celle du stade méristématique et celle de stade adulte. — D'autre part ces cellules présentent l'aspect somatique typique des cellules adultes de l'espèce, par leur forme plus nettement rectangulaire et la présence des chloroplastes étirés (fig. 11). Nous n'avons pas observé des divisions cellulaires somatiques à ce stade. Les cellules notablement plus courtes, qui s'observent à des distances irrégulières dans le filament, proviennent sans doute des bourrelets séparés à la fin du premier stade. La longueur des cellules varie de 28  $\mu$ , pour les cellules courtes, à 63  $\mu$ .

Ce second stade est suivi d'un troisième stade final, qui est caractérisé par l'accroissement des cellules aussi bien en largeur qu'en longueur, de façon à atteindre les dimensions adultes: largeur typique de 47  $\mu$  et longueur minimale de 225  $\mu$  (fig. 1 et 2).

A partir de ce moment toutes les cellules du filaments peuvent entrer en divisions somatiques; le filament pouvant dès lors s'accroître, non plus par le fonctionnement méristématique, qui a pris fin avant l'accroissement en largeur du second stade, mais par les divisions diffuses des cellules dans le filament même.

En outre les filaments peuvent se fragmenter; les fragments pouvant s'accroître individuellement par les divisions somatiques diffuses de façon indéfinie.

Faisons pourtant remarquer que la croissance de certaines cellules reste restreinte; en effet, les cellules fertiles sont en général notablement plus courtes que les cellules somatiques.

L'ontogénèse des filaments de *Spirogyra stictica* WILLE comporte donc distinctement trois stades, dont deux de jeunesse et un adulte, à savoir:

- 1° le stade méristématique, comportant la génération d'un filament jeune, par le fonctionnement d'une initiale méristématique, la zygospore; pendant ce stade les cellules restent étroites, subissent un étirement restreint; les bourrelets distaux pouvant s'ériger en cellules séparées rondes.

- 2° le stade de croissance en largeur, au cours duquel les cellules engendrées par l'initiale ou zygospore, s'accroissent en largeur; ce qui peut être accompagné d'une légère croissance en longueur.
- 3° le stade adulte, comportant la croissance aussi bien en largeur qu'en longueur, jusqu'à atteindre les dimensions adultes; comportant également la multiplication végétative des filaments.

Pour terminer cette courte étude, deux remarques importantes s'imposent concernant la signification des extrémités distales des jeunes filaments, et le caractère de „l'individualité” des filaments des Zygnémiales.

I. On peut se demander si la séparation des bourrelets et leur érection en cellules séparées ne soient pas en relation avec le mode de reproduction sexuée dans cette espèce. En effet, comme il fut mentionné, le fait que seulement quelques cellules, notamment plus courtes, du filament peuvent se transformer en gamétanges et copuler, permet de conclure à une certaine spécialisation de la fonction reproductrice, et de ce même fait à un degré d'évolution plus avancée. La question peut se poser si ce ne sont pas précisément les cellules provenant des bourrelets qui sont prédestinées à se transformer plus tard en gamétanges. Ceci impliquerait naturellement que les autres cellules somatiques se divisent un certain nombre de fois afin de distancer les unes des autres les cellules fertiles.

Cette hypothèse ne semble pas si osée si l'on tient compte de deux faits: d'abord les cellules fertiles ou gamétanges sont plus courtes que les cellules somatiques (fig. 2 et 3); ensuite nous avons observé que les divisions cellulaires dans les filaments adultes de certaines espèces de *Spirogyra* obéissent à un certain ordre, et ne peuvent être considérées comme étant dues au simple hasard; e.a.m. la dispersion des divisions cellulaires dans les filaments de certaines Zygnémiales semble soumise à une certaine régularité. Nous soupçonnons donc que les cellules renflées du jeune filament ne se divisent pas durant le développement ultérieur du filament en vu de leur fonction reproductrice.

L'hypothèse que l'espèce *Spirogyra stictica* ait atteint un plus haut degré d'évolution, du fait de la spécialisation de la fonction reproductrice s'accorde aussi avec le mode assez spéciale de la germination; mode, qui, à ma connaissance, ne fut pas encore décrite et qui diffère notamment du mode de germination décrite dans d'autres espèces.

Quoiqu'il en soit, toute cette question restera du terrain purement hypothétique aussi longtemps qu'elle ne sera plus vérifiée par des observations positives.

II. Ce mode de génèse jette une certaine lumière sur le caractère „colonial” des filaments de *Spirogyra stictica*.

Le jeune filament provenant du fonctionnement de la zygosporie est de ce fait caractérisé par une certaine unité, d'autant plus qu'il reste enfermé dans une gaine cuticulaire, provenant de la membrane extérieure de la zygosporie. Aussi peut-on affirmer que les filaments adultes de *Spirogyra stictica*, dont les extrémités sont recouvertes par la cuticule n'ont pas subi une fragmentation. Ces extrémités sont généralement arrondies. Au contraire, après fragmentation des filaments, la gaine a été rompue et ne recouvre plus les extrémités des filaments.

Aussi à l'état adulte, après fragmentation, les filaments perdent dans une certaine mesure le caractère „d'individualité”; ce ne sont que des morceaux de plante. Pour autant toutefois qu'on puisse attribuer à la plante ou à la colonie, à ce stade de l'évolution, un caractère d'individualité.

Du fait de la fragmentation des filaments, les filaments adultes de *Spirogyra*, de *Mougeotia*, ou de *Zygnema*, se présentent comme des colonies peu évoluées, sans unité, composées d'un nombre très variable de cellules et où la spécialisation des fonctions n'existe guère. C'est à ce point de vue d'ailleurs que l'espèce *stictica*, ainsi que les espèces où quelques cellules seulement par filament possèdent le pouvoir reproductif, doivent être considérées comme les plus évoluées de leur groupe.

En conclusion, on peut affirmer que parmi les chlorophytes coloniales où cénobiales les Zygnémiales doivent être considérées comme des représentants très peu évolués. Ils sont loin d'avoir atteint l'unité physique et la spécialisation des fonctions des colonies cénobiales des Volvocales et des Chlorococcales.

Institut Carnoy. LOUVAIN.

25 mars 1960.

# Etudes sur deux Diffugia

par

DIDIER CHARDEZ

## I

### DIFFUGIA OBLONGA EHR. VAR. CRASSA (CASH) COMB. NOV.

E. PENARD 1912 (1) considère que *D. oblonga* var. *compressa* LEIDY et *D. oblonga* var. *nodososa* LEIDY sont des phases d'adaptation de *D. pyriformisoblonga*; il soutient également que *D. crassa* CASH en est la phase évolutive extrême et que dans une même récolte *D. oblonga* var. *compressa* existe avec *D. oblonga* var. *nodososa* et parfois aussi avec *D. crassa*. Dans l'un de ses habitats surveillés (Mare de l'avenue d'Aire) il a observé durant 12 ans ces trois formes de *Diffugia*. La var. *compressa* y était rare, la var. *nodososa* assez commune et *D. crassa*: rare (environ 10 % des formes). Or en 1911 à la suite d'un été très chaud l'habitat fut désséché et réduit à l'état de vase fétide. *D. crassa* devint alors très abondante; PENARD se demande s'il ne faut pas considérer *D. crassa* comme une forme d'évolution de *D. oblonga*? Il remarque judicieusement que LEIDY 1874 qui a beaucoup vu de *D. oblonga* var. *nodososa* ne signale aucun dessin à cornes réelles (*D. crassa*) mais que par contre CASH 1909 a trouvé dans la même récolte que *D. crassa*, *D. oblonga*; sans doute, pense PENARD il devait y avoir des intermédiaires . . .

En 1948 L. DECLOTRE (2) signale d'A. O. F. une *D. crassa* tricorne de  $250 \mu$  de Hauteur soit d'une taille nettement inférieure à celle de CASH, l'auteur ne fait aucun commentaire sur sa fréquence dans la récolte, le voisinage spécifique etc . . .

L. GAUTHIER-LIEVRE & R. THOMAS 1958 (3) ne signalent pas dans leur liste *D. crassa* mais par contre ont rencontré *D. oblonga* var. *nodososa* en Afrique.

Il semble donc que *D. crassa* soit rare et qu'elle n'est pas particulièrement fréquente au sein des populations de *D. oblonga* var. *nodososa*.

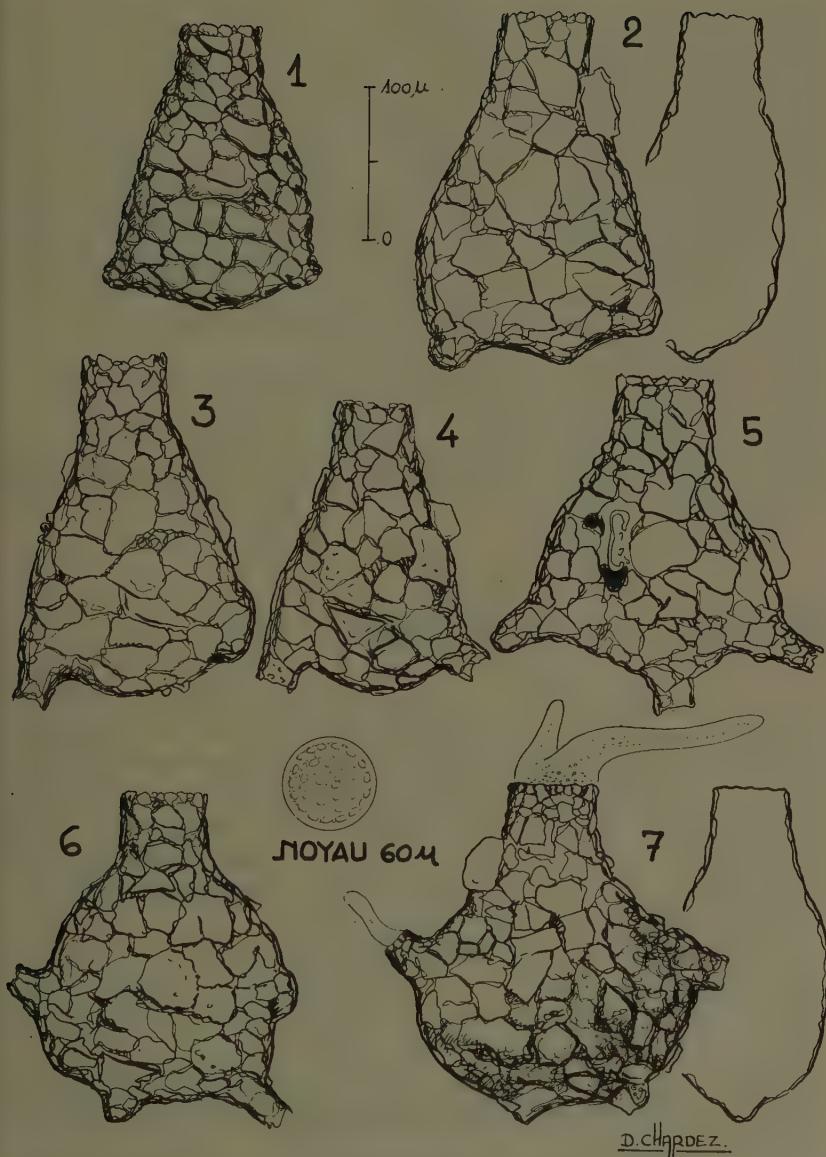


Fig. I.

ou tout au moins qu'il puisse arriver que des populations de cette variété ne renferment pas la *D. crassa*.

Je pense comme PENARD que *D. crassa* pourrait être une phase d'adaptation ou une variation produite par des facteurs écologiques qu'il conviendrait d'approfondir. C'est un fait d'observation de remarquer que dans une population de *D. oblonga* on trouve des individus plus ou moins déformés tendant vers la var. *nodosa*. PENARD, il se produit un aplatissement de la thèque avec mamelonnements irréguliers lesquels peuvent aboutir à des cornes c'est à dire montrer des formes analogues à *D. crassa*. Ayant vu cette dernière parmi ces populations hétérogènes il m'est difficile d'envisager cette espèce comme autonome.

L'extrême identité des noyaux dans les différentes formes considérées, tend à prouver que *D. crassa* est véritablement parente avec *D. oblonga* au même titre que la var. *nodosa*.

C'est pourquoi j'en fais: *Diffugia oblonga* var. *crassa* (CASH) comb. nov. (Fig. 3, 4, 5, 6, et 7).

Les Fig. 1 et 2 représentent *D. oblonga* var. *nodosa* LEIDY.

#### DIAGNOSE

Thèque de grande taille, toujours assez comprimée irrégulière dans ses contours, les protubérences arrondies qui caractérisent la var. *nodosa* sont ici de véritables cornes creuses, robustes et bien nettes; quelquefois on note la présence en plus des cornes de 1 ou 2 protubérences arrondies, souvent également une ou deux cornes ne sont pas fermées au bout, j'ai dans un cas, observé une émission pseudopodique qui n'a pas l'allure d'un vrai pseudopode sortant d'une corne creuse.

LE COL: régulier bien net conduit à un pseudostome circulaire à bord plus ou moins net.

LE REVÊTEMENT: est formé de gros éléments pierreux solidement cimentés.

LA TEINTE: est souvent verte en raison des Zoochlorelles symbiotiques qui se trouvent dans l'endoplasme et même fixées sur la surface interne de la Thèque.

CYTOPLASME: granuleux bourré de Zoochlorelles symbiotiques.  
PSEUDOPODES: normaux robustes.

NOYAU: Sphérique à membranée épaisse avec de très nombreux caryosomes sphériques surtout disposés à la périphérie, noyau tout à fait semblable à celui de *D. oblonga*, diamètre 45 à 60  $\mu$ .

Dimensions:

|           | H   | I   | ép  | ps  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| DECLOITRE | 250 | 185 | 60  | 35  |
| CASH      | 300 | 250 | —   | —   |
| CASH      | 350 | 300 | —   | —   |
| CHARDEZ   | 410 | 330 | 220 | 98  |
| CHARDEZ   | 450 | 420 | 250 | 100 |
| CHARDEZ   | 450 | 450 | 255 | 100 |
| CHARDEZ   | 460 | 430 | 215 | 90  |
| CHARDEZ   | 460 | 480 | 240 | 94  |

*Ecologie:*

Espèce aquatique; Sapropèle fétide, vase des mâres et étangs parmi les plantes submergées de la zone inondée et la boue de la zone inondable.

*Distribution géographique:*

Angleterre (CASH) Suisse (PENARD) A. O. F. (DECLOITRE) Belgique (CHARDEZ) env. de Spa.

*Synonymie:*

*Diffugia crassa* CASH 1909. p. 13 fig. 1a 3 pl. XVIII.

BIBLIOGRAPHIE

- PENARD, E., 1912 - Notes sur quelques sarcodinés III partie. *Rev. Suisse de Zool.* XX fas. I.
- DECLOITRE, L. 1948. - Matériaux pour une faune rhizopodique d' A.O.H. IFAN TX
- GAUTHIER-LIEVRE, L. & THOMAS, R. - 1958 - Les genres Diffugia, Pentagonia Maghrébia et Hoogenraadia (Rhizopodes testacés) en Afrique. *Arch. Protistenk.*
- CASH, J. & HOPKINSON, J. - 1909 - The British Freshwater Rhiz. and Heliozoa. Roy. Society Vol II London.

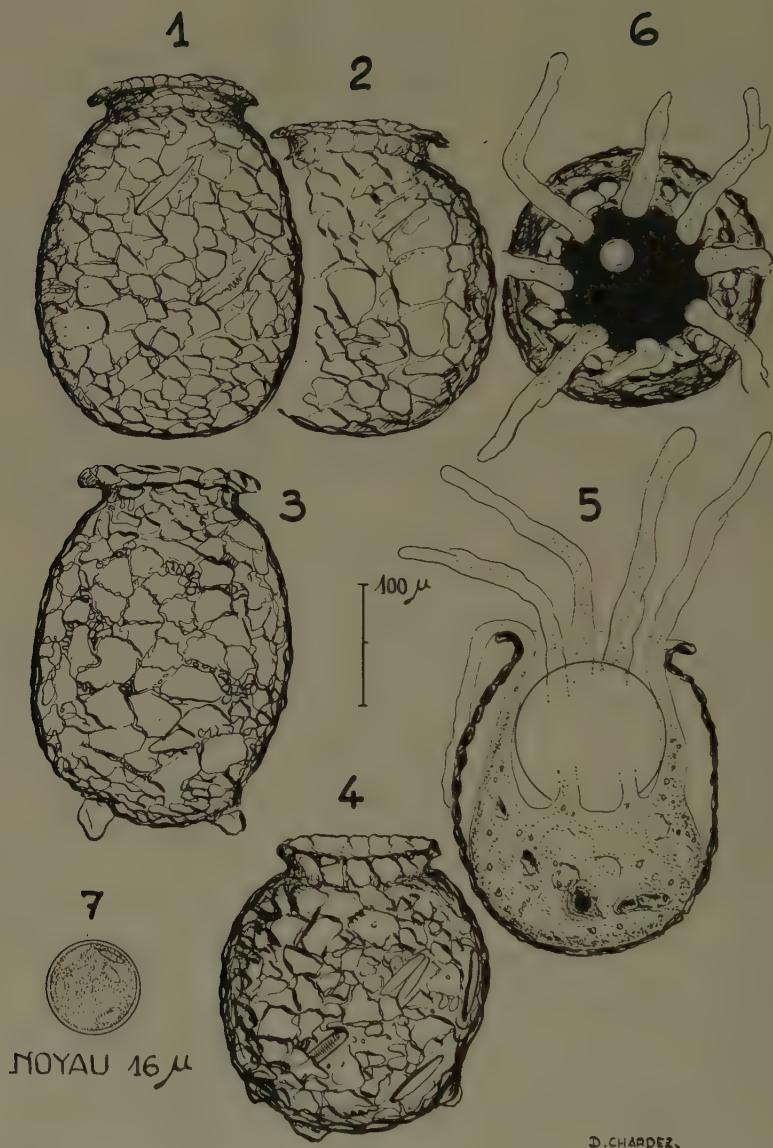


Fig. 2. EXPLICATION DE LA PLANCHE II.

1-2-3-4 *D. ureolata*

5-6 Position de la bulle de gaz

7 Noyau

## II

### OBSERVATIONS SUR DIFFLUGIA URCEOLATA CARTER

*DIFFLUGIA urceolata* est une des plus grosses et des plus belles *Difflugia*; elle fut découverte et décrite par CARTER en 1877, d'une manière assez sommaire. PENARD en 1902 en donne une très bonne et très complète diagnose; cet auteur la signale comme n'étant pas rare dans les marécages aux environs de Genève.

Je l'ai trouvé très abondamment dans un fossé riche en plantes immergées près de Genk (Campine Limbourgoise)

Depuis PENARD beaucoup d'observateurs ont eu l'occasion de revoir et d'étudier cette magnifique espèce.

Ayant sous la main de riches populations j'ai rassemblé 42 individus, dans le but de les mettre en élevage il ne m'a pas été donné d'obtenir des reproductions, mais les observations faites sur cet assez grand nombre d'organismes me permettent d'apporter quelques compléments d'information sur la biologie et les moeurs de ce protozoaire.

#### *La Thèque*

Assez peu variable dans sa morphologie et dans son revêtement elle apparaît de globuleuse à légèrement ovoïde plus ou moins résistante formée de plaquettes amorphes, de diatomées et quelquefois avec quelques gros éléments pierreux faisant saillies sur la partie postérieure sans jamais être des cornes comme dans la var. *olla* PENARD.

Mensurations:            120  $\mu$  d'après STEPANEK

                              131  $\mu$  d'après VAN OYE

                              250 - 300 - 350  $\mu$  d'après PENARD.

                              220 - 250 - 300 - 320 - 335  $\mu$  CHARDEZ.

de 120 à 170  $\mu$  et moins, il y a lieu de considérer la var. *minor* DEFLANDRE.

#### *Le Plasma*

Il ne remplit qu'une portion faible de la thèque, environ  $1/3$  il est gris très claire, très finement granulé, et très actif très souvent bourré de diatomées, la masse plasmique se tient en boule au fond de la thèque les épipodes sont très rarement visibles.

### *Les pseudopodes:*

Toujours très nombreux ils sont bien différenciés à l'intérieur même de la coquille, dont ils longent les parois intérieures avant de rayonner à l'extérieure où quelques uns aiment à se fixer sur la paroi extérieure de la coque.

### *Noyaux:*

Le nombre de noyaux est toujours très grand mais varie d'un individu à l'autre.

PENARD signale des chiffres variant de 40 à 60, j'en ai compté de 32 à 55.

Après dilacération du plasma par écrasement de la coquille, ces noyaux se colorent énergiquement et rapidement par la fuchsine basique en solution aqueuse à 5 %, et montrent alors clairement un nombre assez grand de caryosomes fusiformes.

### MANIFESTATION VITALE

J'ai observé un phénomène déjà signalé chez les *ARCELLA*, et qui réside dans la formation éventuelle de bulles de gaz, ce qui permet à ces énormes coquilles de gagner rapidement la surface ou elles semblent se complaire de préférence, en effet, placées dans un petit cristallisoire la presque totalité des organismes ne tardes pas à se trouver en surface.

Cette grosse bulle une fois élaborée est expulsée hors du plasma et maintenue par l'animal entre ses pseudopodes = à l'intérieur de la thèque et au niveau du pseudostome, obstruant entièrement celui-ci . . . cette bulle de gaz encastrée entre les pseudopodes dans la partie supérieure de la coquille laissée libre par le plasma fait office de balastre temporaire et explique l'utilité d'une coquille si grande par rapport à la taille du Rhizopode . . .

Placés sur lamelle les organismes pourvus de leur bulle s'en débarrassent, mais je ne puis dire si c'est par résorption ou expulsion car l'opération doit être lente, et j'ai constaté à plusieurs reprises l'absence de la bulle après une nuit passée sur la lamelle en chambre humide.

Ayant placé 12 *D. urceolata* dans un petit cristallisoire contenant le milieu d'origine de ces organismes j'ai obturé ce cristallisoire laissant une ouverture suffisante pour qu'une coquille puisse passer, j'ai ensuite immergé le tout dans un grand aquarium, à 2 cm. au dessus du cristallisoire j'ai placé en position retournée un entonnoir en verre de telle sorte que le tube de l'entonnoir dépasse légèrement la surface

de l'eau de l'aquarium, après 24 heures j'ai retrouvé les 12 *D. urceolata* dans le petit espace de surface inscrit dans le tube de l'entonoir, ceci démontre la préférence qu'ont ces Thécamoebiens de vivre en surface ou dans de faibles épaisseurs d'eau.

Cette faculté leur permet également de se maintenir facilement dans la beine en période de crue conséquente.

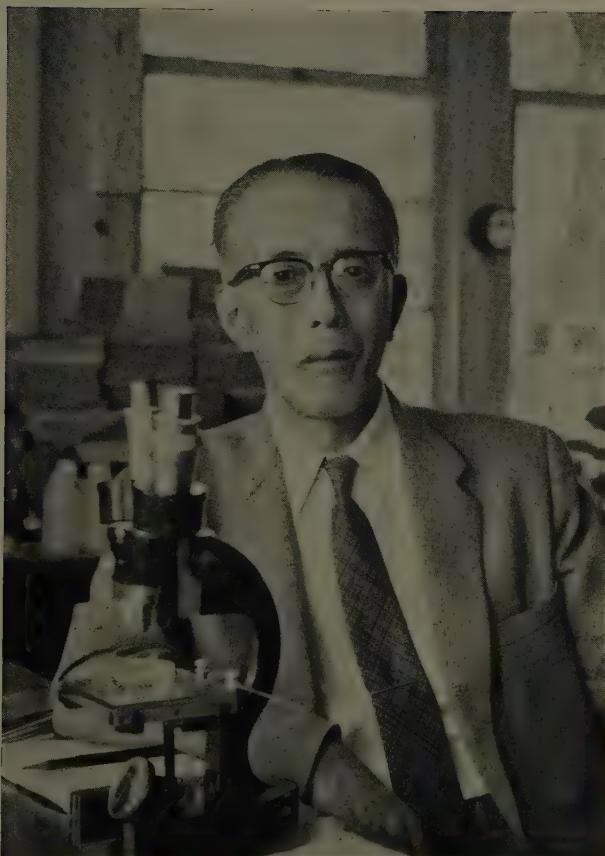
# Masuzô Uéno sixty years

UÉNO-Masuzô<sup>1)</sup>) was born at Ōsaka on February 26th, 1900, the son of a pharmacist. Having finished the ordinary course of education, he entered the College of Pharmacy at Ōsaka, since his father desired he should become a pharmacist. One of the friends he had before entering that college, Teiso ESAKI (died 1957), who later was to become professor of entomology at Kyūshū Imperial University, introduced him to the study of entomology, and became his lifelong friend in natural history. UÉNO himself determined to be a naturalist, and his father's wish was given up when, on graduating from college, he was admitted to the Faculty of Science of Kyōto Imperial University (since 1949 called Kyōto University) in 1923. One circumstance which influenced his career was that he was favored with the recognition of the noted zoologist, Professor Tamiji KAWAMURA, who had published a comprehensive text-book of freshwater biology (text in Japanese) in 1918, and had laid the basis of freshwater-biological and animal-ecological researches in this country. Another person to whom UÉNO was indebted was the pioneer of Japanese limnology, Viscount Dr Akamaro TANAKA, tutor of the Faculty of Science, who had completed limnological surveys of a great number of Japanese lakes. He inspired UÉNO with interest in lake studies for many years. He died in 1944 at the age of 75.

During three years he spent at Kyōto, UÉNO was trained as a zoologist, and it was of decisive importance to him to be a limnologist when he began to study the taxonomy and ecology of Cladocera, under the supervision of Professor KAWAMURA. He received the degree of Doctor of Science from Kyōto Imperial University in 1933. Besides the Cladocera, he has been interested with certain groups of Crustacea, particularly those found in subterranean waters. His recent attention to such groups has been concentrated to the Syncarid Order Bathynellacea, concerning which he has published several papers since 1952. He was also attracted to aquatic insects, and in particular the mayfly and stonefly nymphs inhabiting the mountain rapids. In this field of research, he has completed a number of works, among which "*The Animal Life of Kamikochi*" (text in Japanese) was the first biocenological study of mountain streams done in Japan.

---

<sup>1)</sup> In foreign-language publications his name is always written as Masuzô UÉNO after the Western manner.



UÉNO-Masuzō



After having been an assistant for three years, UÉNO took up the position of instructor and biologist at the Ōtsu Hydrobiological Station in 1929: the way was now open to him for extensive freshwater-biological researches, and he has been able to devote himself to study in this laboratory up to the present day. This station, which belongs to the Faculty of Science, is situated by Lake Biwa-ko at Ōtsu, some 10 km. northeast of the city of Kyôto. UÉNO turned his attention to biocenological investigations of lakes, including both plankton and bottom fauna, as well as physical and chemical properties of lake waters. Since 1930 UÉNO has travelled extensively over the Japanese islands, Saghalin, Korea, and Formosa to investigate lakes as well as other inland waters. While working on these waters, he made journeys also to Manchuria and central China for the same purpose. He is particularly familiar with Lake Biwa-ko and the mountain lakes in Nagano Prefecture (province of Shinano), as well as with many volcanic lakes of disharmonious types in the northeastern parts of Japan. He is glad to have excellent friends in the field of limnology, namely, Drs. Kenzô KIKUCHI †, Denzabûro MIYADI, Ken SUGAWARA, Shinkichi YOSHIMURA †, and others, all of whom co-operated and encouraged him in making his investigations successful. In collaboration with YOSHIMURA, he carried out a great number of studies on lake-typology until YOSHIMURA died (at the age of 41) when he was killed by falling into a crevice of the ice-cover of Lake Suwa-ko on January 21st, 1947.

In 1940 UÉNO was appointed assistant professor at Kyôto Imperial University, where he is now professor of zoology; and in 1943 he succeeded Professor KAWAMURA (now Professor Emeritus of Kyôto University, as the director of the Ōtsu Hydrobiological Station. He has served as councillor of the Japanese Society of Limnology since its foundation in 1931; at the same time he has been the editor of the *Japanese Journal of Limnology*, organ of that Society. He has also been a member of both the Zoological and Limnological Committees of the Science Council of Japan.

UÉNO's limnological activities cover various kinds of inland waters and their biotic communities. On the occasion of the 13th Limnologorum Conventus held at Helsinki in 1956, he had the opportunity of seeing a number of Finnish and Scandinavian brown-water lakes, and of comparing them with Japanese lakes of similar nature. This led him to reconstruct the classification of Japanese lakes on the basis of trophic system. Besides many scientific works, UÉNO wrote a text-book on limnology (published in 1935; text in Japanese), which may be said to have attracted many Japanese students to the study of freshwater biology or limnology. He has written also many articles in his field in popular scientific periodicals and books.

UÉNO is a limnologist, but he is also a naturalist who loves old books and old learning in natural history; and this led him to make a study of the development of biology in Japan. He has made public a number of papers and some books regarding this matter, though they are omitted in the list of his publications given below. In the end of 1959, he completed the manuscript of a comprehensive history of zoology in Japan to 1900.

J.E.

#### LIMNOLOGICAL PUBLICATIONS BY MASUZO UÉNO

(The papers and books marked with an asterisk \* are those written in Japanese only)

- 1925. On the genus *Apus* from Eastern Asia (A preliminary report). *Zool. Mag., Tokyo*, 37: 423—435. (With English summary).
- \* 1926. Miscellaneous notes on the Branchiopoda (1). *Ibid.*, 38: 439—442.
- \* —. Miscellaneous notes on the Branchiopoda (2). *Ibid.*, 39: 372—375.
- \* 1927. Key to the species of the Japanese freshwater Cladocera. *Ibid.*, 40: 82—88.
  - . Cladocera, Phyllopoda, and Ostracoda. *Figuraro de Japonaj Bestoj, Hokuryukan, Tokyo*, 1927: 1175—1195.
  - . The freshwater Branchiopoda of Japan I. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., ser. B*, 2: 259—311.
  - . Notes on some subterranean isopods and amphipods of Japan. *Ibid., ser. B*, 3: 356—368.
  - . On some freshwater branchiopods from China. *Annot. Zool. Japon.*, 11: 157—163.
- \* 1928. *Peltoperla* from Formosa. *Trans. Nat. Soc. Formosa, Taihoku*, 18: 219—223.
  - . Some Japanese mayfly nymphs. *Mem. Coll. Sci.; Kyoto Imp. Univ., ser. B*, 4: 19—63.
- \* 1929. On the occurrence of *Ceriodaphnia rigaudi* RICHARD in Japan. *Zool. Mag.*, 41: 341—344.
  - . A new terrestrial amphipod *Orchestia kokuboi* sp. nov. from Asamushi. *Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ.*, 4th ser., *Biol.*, 4: 7—9.
  - . Studies on the stoneflies of Japan. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., ser. B*, 4, 2: 97—155.
- \* 1930. Cladocera of two alpine lakes, Happô-ike and Shirouma-Ôike. *Zool. Mag.*, 42: 38—44.
- \* —. Animal life in Lake Happô-ike. A. TANAKA's Studies on the Lakes of the Japanese Alps, Tokyo, 1930, 803—813.
- \* —. The occurrence of *Lepidurus arcticus* (PALLAS) in the Kurile Islands. *Zool. Mag.*, 42: 152—155.
  - . A new subterranean amphipod from Japan. *Annot. Zool. Japon.*, 13: 21—23.
- \* 1931. Two apterous stoneflies. *Kontyu* (publ. by Eontomol. Soc. Jap.), 5: 34—46.
- \* —. Mayflies, stoneflies and caddis-flies of Kamikôchi and its environs. *Ibid.*, 5: 105—110.
- \* —. The distribution of triclad turbellarians in some mountain streams. *Chikyû (The Glove)*, 15: 260—279.

- \* —. Some notes on the mayfly-fauna of Formosa. *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa*, 21: 210—216.
- \* —. The Cladocera of Hokkaido. *Zool. Mag.*, 43: 441—450.
- \* —. The temperatures of water and the amounts of dissolved oxygen in some rapid streams. *Jap. J. Limnol.*, 1: 11—21.
- . Einige neue Ephemeropteren und Plecopteran aus Mittel-Japan. *Annot. Zool. Japon.*, 13: 91—104.
- . A new Japanese mayfly. *Lansania*, Tokyo, 3: 57—59.
- . Contributions to the knowledge of Japanese Ephemeroptera. *Annot. Zool. Japon.*, 13: 189—230.
- \* 1932. Aquatic animal life in the Kirishima Volcanic Group in Southern Kyushu. *Fukuoka Hakubutsugaku Zasshi (Editio Annalis Societatis Historico-Naturalis Fukuokensis)*, 1: 9—27.
- \* —. Strongly acid water lakes and its significance on lake typology. *Chikyu (The Glove)*, 17: 37—50.
- \* —. The streams of southern Kyushu. *Jap. J. Limnol.*, 1: 79—87.
- . The freshwater fauna of Kamikōchi. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 3: 73—132. (With English summary).
- \* —. Guide to the Practise of Freshwater Biology. Iwanami, Tokyo, 1932, 25 pp.
- \* —. The Cladocera of Hokkaido (II). *Zool. Mag.*, 44: 422—433.
- \* —. Ephemeroptera. *Nippon Konchū Zukan (Iconographia Insectorum Japonicum)*. Editio Prima, Hokuryukan, Tokyo, 1932, 1950—1962.
- . Die Süßwasser-Branchiopoden der Nord-Kurilen. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 27: 102—104.
- . Contributions to the Knowledge of the Cladocera of China. *Ibid.*, 27: 234—251.
- \* 1933. The subterranean water of Akiyoshidai and its fauna. *Jap. J. Limnol.*, 2: 91—95.
- \* —. The distribution of Branchiopoda in the Kurile Islands. *Zool. Mag.*, 45: 278—285.
- \* —. The Cladocera of southern Manchuria. *Ibid.*, 45: 355—362.
- \* —. The plankton of the lakes of the Island of Etorofu (Iturup), South Kuriles. *Jap. J. Limnol.*, 3: 18—22.
- \* —. Some observations on the temperatures and dissolved oxygen of the mountain streams at Kisofukushima and its environs. *Umi to Sora (Sea and Sky)*, Kobe, 13: 332—338.
- . The inland water fauna of the North Kurile Islands. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 4: 171—212. (With English summary).
- \* —. The scope and chief problems of modern limnology. *Kagaku*, Tokyo, 3: 121—124.
- \* —. Two rare Japanese species of Cladocera. *Bot. & Zool.*, Tokyo, 1: 1307—1310.
- \* —. Professor Carl SCHRÖTER as the first investigator of the plankton of Japanese lakes. *Jap. J. Limnol.*, 3: 46—49.
- . Ecological reconnaissance of the streams of Southern Kyushu. *Annot. Zool. Japon.*, 14: 211—233.
- . Three noticeable freshwater Crustacea of Hokkaido. *Ibid.*, 14: 115—122.
- . Cladocera of Iturup. *Proc. Imp. Acad.*, 9: 68—71.
- . Freshwater Crustacea of Iturup. *Annot. Zool. Japon.*, 14: 109—113.
- . The freshwater Branchiopoda of Japan II. Cladocera of Hokkaido. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., ser. B* 8: 301—324.

- \* 1934. The characteristics of the geographical races of the genus *Daphnia* O. F. MÜLLER in Japan. *Zool. Mag.*, 46: 1.
- \* ——. The bogs of Yashimagahara in the province of Shinano. *Bot. & Zool.*, 2: 39—50.
- \* ——. Ecological studies of the inland waters on the Nikko Mountain ranges. *Zool. Mag.*, 46: 196—212, 261—275, and 324—337.
- \* ——. The plankton of the lakes in the southwestern part of the Island of Kunashiri, one of the South Kuriles. *Jap. J. Limnol.*, 3: 129—133.
- \* ——. Cladocera of the islands of Etorofu and Kuashiri (South Kuriels) and of Saghalin. *J. appl. Zool.*, 6: 89—94.
- . Acid water lakes in North Shinano. *Arch. Hydrobiol.*, 27: 571—584.
- . Subterranean Crustacea from Kwantung. *Annot. Zool. Japon.*, 4: 445—450.
- . Plankton of the lakes in the Island of Etorofu (Iturup). *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 13: 298—312.
- . A new subterranean copepod from Japan. *Proc. Imp. Acad.*, 10: 229—232.
- . The freshwater Branchiopoda of Japan III. Genus *Daphnia* of Japan 1. Seasonal succession, cyclomorphosis and reproduction. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, ser. B, 9: 289—320.
- . The freshwater Branchiopoda of Japan IV. Genus *Daphnia* of Japan 2. Local races of Japanese *Daphnia*. *Ibid.*, 9: 321—342.
- . Yale North India Expedition. Article VI. Report on Amphipoda Crustacea of the genus *Gammarus*. *Mem. Connecticut Acad. Sci. New Haven*, 10: 63—75.
- \* 1935. Cladocera from Shanghai (China). *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa*, 25: 212—215.
- \* ——. Inland water fauna of Formosa I. Crustacea Decapoda. *Ibid.*, 25: 270—276.
- \* ——. Ibid. II. Cladocera (1). *Ibid.*, 25: 293—299.
- \* ——. Ibid. III. Rotatoria. *Ibid.*, 25: 300—307.
- . Crustacea of Jehol. Order Phyllopoda. *Rept. 1st Sci. Exped. to Manchoukuo*, sec. V, div. 1, pt. 2: 1—16.
- . A fossil insect nymph from Jehol. *Ibid.*, sec. II, pt. 2: 1—8.
- . Insects of Jehol (III). Baétine nymph. *Ibid.*, sec. V, div. 1, pt. 7; 1—4.
- . Insects of Jehol (III). Trichopterous larva and pupa. *Ibid.*, sec. V, div. 1, pt. 7; 1—10.
- \* ——. Report on the blood-sucking insects in the northern part of Manchuria. *Manchuria-Gijutsu-Kyokai-shi* (*J. Engineer. Soc. Manchuria*), 12: 1—18.
- . Limnological reconnaissance of southern Sakhalin II. Zooplankton. *J. Fish. Jap.*, Tokyo, 4: 190—194. (With English summary).
- \* ——. The occurrence of *Daphnia* with pointed head in Sakhalin. *Kagaku, Tokyo*, 5: 1.
- \* ——. Animal Life of Kamikôchi and the Azusa-gawa River System (With notes of the freshwater fishes of the province of Shinano by D. MIADI). *Iwanami*, Tokyo, 1935, 1—258.
- \* ——. Fundamentals of Limnology. Yôkendo, Tokyo, 1935, 1—276.
- . Crustacea collected in the lakes of Southern Sakhalin. *Annot. Zool. Japon.*, 15: 88—94.
- 1936. Zooplankton of the Sungari River, Manchoukuo. *Annot. Zool. Japon.*, 15: 520—524.
- . Zooplankton of Lake Taraika and its neighbouring waters, Southern Sakhalin. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 14: 173—178.

- . Productivity of an extremely eutrophic lake in middle Japan. *Proc. Imp. Acad.*, 12: 248—250.
- . Bottom and plankton fauna of the Akan lake group of Hokkaido. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 14: 207—225.
- . Cladocera of Manua Kea, Hawaii. *Bernice P. Bishop Museum, Occ. Papers*, 12: 1—9.
- . Cladocera of Lake Ngardok in Babelthaop of the Palau Islands. *Annals Zool. Japon.*, 15: 514—519.
- . Phyllopod Crustacea of the Kurile Islands (Inland water fauna of the Kurile Islands I). *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*, 6: 235—239.
- . Crustacea Malacostraca of the Northern Kurile Islands. (Inland water fauna of the Kurile Islands II). *Ibid.*, 6: 241—246.
- \* —. The lakes on the Kirishima volcanic group in southern Kyushu. *Kagaku, Tokyo*, 6: 186—187.
- \* —. The characteristics of the inland waters of Taiwan (Formosa). *Ibid.*, 6: 8—9.
- \* —. The lakes of southern Kyushu in winter. *Ibid.*, 6: 186—187.
- \* —. Preliminary report on the Second Limnological Expedition to Formosa. *Jap. J. Limnol.*, 6: 33—47.
- \* —. The plankton of the Akan lake group of Hokkaido. *Ecol. Rev.*, 2: 1—8.
- \* —. Animal life in the lakes around the area of Volcano Oakan-dake, Hokkaido. *Bot. & Zool.*, 4: 383—394.
- \* —. The plankton of the lakes in the Nikko district. „Nikko” edited by the Tōshōgu Shrine, 1936, 577—620.
- \* —. On the red-colouring of freshwater copepods. *Jap. J. Limnol.*, 6: 88.
- \* —. On the so-called „alpine red-colouring” of freshwater copepods. *Bot. & Zool.*, 4: 1181—1193.
- \* 1937. Bottom fauna of Lake Abasiri. *Bot. & Zool.*, 5: 1830—1838.
- \* —. Otsu Hydrobiological Station; its history, organization and activities. *Kagaku, Tokyo*, 7: 386—389.
- \* —. The characteristics of the fauna of Lake Biwa-ko. *Omi-Hakubutsu-Dokokai-shi* (*Bull. Nat. Hist. Soc. Omi*), no. 3: 1—3.
- \* —. Fauna Nipponica, Order Branchiopoda. *Fauna Nipponica*, 9, pt. 1, no. 1, *Sanseido, Tokyo*, 1937, 135 pp.
- \* —. The plankton of Lake Ryausi at Abasiri, Hokkaido. *Jap. J. Limnol.*, 7: 85—87.
- \* —. Limnological reconnaissance of Mokoto-numa, Hokkaido. *Bot. & Zool.*, 5: 1261—1268.
- \* —. The food and the parasites of a land-locked trout inhabiting the alpine stream “Daikōkei”, Formosa. *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa*, 27: 153—159.
- \* —. Bottom fauna of the Absairi River, Hokkaido. *Bot. & Zool.*, 5: 1451—1458.
- . Cladocera of Manchoukuo. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, R. WOLTERECK *Festschrift, Leipzig*, 35: 199—216.
- \* —. *Stephanodrilus* (Oligochaeta) parasitic to the crayfish of Lake Sikaribetsu, Hokkaido. *Zool. Mag.*, 50: 407—411.
- \* 1938. The fauna of cold-springs at Moriyama east of Lake Biwa-ko. *Omi-Hakubutsu-Dokohaishi*, no. 5: 179—183.
- \* —. Notes on the freshwater fauna of the Middle Kurile Islands. *Bot. & Zool.*, 6: 609—612.
- \* —. *Asellus* from Ryugado Cave in the province of Tosa. *Zool. Mag.*, 50: 99—102.

- \* —. Biocenosis of Lake Sikaribetsu of Hokkaido. *Bot. & Zool.*, 6: 1691—1695.
- \* —. Stoneflies and mayflies collected in Okinawa Islands. *Biogeographica (Trans. Biogeogr. Soc. Jap.)*, 3: 92—99.
- \* —. Lacustrine sediments in the lakes of the South Kurile Islands. *Umi to Sora (Sea & Sky)*, Kobe, 18: 411—420.
- . Plankton of the lakes in Kita-Daito-zima. *Proc. Imp. Acad.*, 14: 16—17.
- . Notes on the Cladocera of Dalainor and its neighbouring waters. *Annot. Zool. Japon.*, 17: 1—6.
- . Crustacea-Cladocera. *Fauna Musashinensis*, Tokyo, no. 2: 10—14.
- . Cladocera of the Kurile Islands. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 8: 1—20.
- . Rotatoria of Formosan lakes. *Annot. Zool. Japon.*, 17: 144—153.
- . Stratification of *Noctiluca* in a brackish water lake of Hokkaido, Japan. *Proc. Imp. Acad.*, 14: 221—222.
- . Cladocera fauna of Formosa. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 8: 121—132.
- . *Asellus* from the Ryukyu Islands. *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa*, 28: 264—268.
- . Bottom fauna of Lake Abasiri and the neighbouring waters in Hokkaido. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 15: 140—167.
- . Scopuridae, an aberrant family of the Order Plecoptera. *Insecta Matsumurana*, Sapporo, 12: 154—159.
- . Inland water fauna of Taiwan (Formosa); a zoogeographical sketch based chiefly on the microfauna. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 8: 161—176.
- . Miscellaneous notes on Japanese Plecoptera. *Kontyu*, 12: 166—174.
- . Japanese freshwater Cladocera; a zoogeographical sketch. *Annot. Zool. Japon.*, 17: nos. 3/4, (Dr. A. OKA Jubilee Numbers): 283—294.
- . The crater lakes of Mt. Kirisima; a limnological study with special reference to biocoenosis. *Jap. J. Limnol.*, 8, nos. 3/4, Dr. A. TANAKA Jubilee Numbers: 348—360.
- \* 1939. The significance of limnology in relation to hygienics. *Dr. S. YOSHIDA Jubilee Volume*, Osaka, 1939, 802—821.
- \* —. The distribution of freshwater Cladocera in the Japanese Islands. *Zool. Mag.*, 51: 127.
- . Zooplankton of Lago de Patzcuaro, Mexico. *Annot. Zool. Japon.*, 18: 105—114.
- . Plankton studies in Formosan inland waters. *Philippine J. Sci.*, 69: 35—67.
- . Stratification of pelagic daphnids in some Japanese lakes. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 39: 162—175.
- . Manchurian freshwater Cladocera. *Annot. Zool. Japon.*, 18: 219—230.
- \* 1940. The acid water stream „Tama-gawa” as an extreme habitat. *Jap. J. Limnol.*, 10: 94—105.
- \* —. The life in Lake Tazawa before the introduction of acid water from the stream „Tamagawa”. *Jap. J. Limnol.*, 10: 106—113.
- \* —. Limnological observations of a deep pool „Dorohatchō” in the Kitayamagawa River. *Kagaku*, 10: 277—278.
- \* —. Freshwater Isopoda of Manchoukuo. *Rept. Limnol. Surv. Kwantung & Manchoukuo, Dairen*, 1940: 309—310.
- \* —. Freshwater Amphipoda of Manchoukuo. *Ibid.*: 311—332.
- \* —. Cladocera of Manchoukuo. *Ibid.*: 323—367.
- \* —. Phyllopoda of Manchoukuo. *Ibid.*: 368—381.
- \* —. A catalogue of freshwater diatoms of Manchoukuo. *Ibid.*: 504—522.

- \* \_\_\_\_\_. The plankton of the four large lakes of Manchoukuo. *Ibid.*: 552—568.
- \_\_\_\_\_. Some freshwater Amphipods from Manchoukuo, Corea and Japan. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 10: 63—85.
- \_\_\_\_\_. Phyllopod Crustacea of Manchoukuo. *Ibid.*, 10: 87—102.
- \* 1941. Introductory account of the biological survey of inland waters of northern Tyôsen (Korea). *Jap. J. Limnol.*, 11: 96—107.
- \_\_\_\_\_. Manchurian stoneflies. *Kontyu*, 15: 21—27.
- \* \_\_\_\_\_. The fauna and flora of Manchurian inland waters. *Trans. Biol. Soc. Manchoukuo*, 4: 1—16.
- \* \_\_\_\_\_. The plankton of some crater lakes in southeastern Manchuria. *Jap. J. Limnol.*, 11: 32—33.
- \* \_\_\_\_\_. Amphipods from the Island of Oki. *Zool. Mag.*, 53: 461.
- \* \_\_\_\_\_. Some Manchurian mayflies. *Mushi, Fukuoka*, 14: 15—20.
- \* 1943. Ecological studies on the brackish water lakes of Japan (1). *Rept. of the Hattori Hokokai*, Tokyo, 10: 409—426.
- \* \_\_\_\_\_. The inland water fauna and flora of the regions of the Western Pacific. *Marine and Inland Waters of the Pacific*, Iwanami, Tokyo, 1943: 819—884.
- \* \_\_\_\_\_. Bibliography of Biwa-ko (Lake Biwa) and the surrounding district. *Jap. J. Limnol.*, 13: 113—141.
- \* \_\_\_\_\_. (+D. MIYADI and G. TOMITA). Biological characteristics of the waters of the Yangtze delta. *Rept. on the Limnol. Surv. of Central China I*. *Bull. Shanghai Sci. Res. Inst.*, 13: 279—284.
- \* \_\_\_\_\_. Cladocera of the Yangtze delta. *Rept. on the Limnol. surv. of Central China. XXIII*. *Ibid.*, 14: 399—418.
- \_\_\_\_\_. *Kamaka biwae*, a new amphipod of marine derivative found in Lake Biwa. *Bull. Biogeogr. Soc. Jap.*, 13: 139—143.
- \* 1945. Biocoenosis of the littoral regions in the northwestern part of Lake Biwa-ko. Mimeographed, 1—19.
- \* 1947. Arthropoda Crustacea, Order Ostracoda, Order Branchiopoda. *Illustrated Encyclopedia of the Fauna of Japan (Exclusive of Insects)*, Revised Ed., Hokuryukan, Tokyo, 1947: 869—887.
- 1949. Caddis-flies interfering with the flow in the water way tunnels of a Hydraulic Power Plant. *Bull. Railway Tech. Lab.*, Tokyo, 6: 74—77.
- \* 1951. The development and succession of plankton in newly built reservoir lakes. *Suido-Kyokai-Zasshi (J. Waterworks Soc.)*, no. 198: 10—19.
- \* 1952. Lake Fukami-ike. A limnological study of a small mountain lake in Nagano Prefecture. Iida, Nagano Prefecture, 1952, 131 pp.
- \_\_\_\_\_. Three new species of Bathynellidae (Syncarida) found in subterranean waters of Japan. *Annot. Zool. Japon.*, 25, Dr.Yo. K. OKADA Ubilee Numbers, 319—328.
- \_\_\_\_\_. Caddis-fly larvae interfering with the flow in the water way tunnels of a hydraulic power plant. *Kontyu*, 19: 73—80.
- \* 1953. Recent progress in the study of aquatic insects. *Kontyu*, 20: 1—6.
- 1954. Cladocera and Copepoda of the Ozegahara moor. *Ozegahara, Scientific Researches of the Ozegahara Moor*, Tokyo, 1954, 684—689. (With English summary).
- \_\_\_\_\_. Zooplankton of the Ozegahara moor waters. *Ibid.*: 690—701. (With English summary).
- \* \_\_\_\_\_. 50 years in the study of freshwater biology in Japan. *Zool. Mag.*, 63: 323—325.
- \* \_\_\_\_\_. Methods of freshwater biology (especially zoology). Nakayama, Tokyo, 1954, 74 pp.

- \* —. 75 years in the study of Limnology in Japan. *Geogr. J., Tokyo*, 63 (no. 693): 145—150.
- \* 1954. Lakes of the Matsubara-group, based on the Limnological Data obtained by Viscount Dr. Akamaro TANAKA. Usuda, Nagano Prefecture 1954, XXII + 440 pp.
- . The Bathynellidae of Japan (Syncarida-Bathynellacea). *Arch. Hydrobiol.*, 49: 519—537.
- 1955. Occurrence of a freshwater gammarid (Amphipoda) of the *Niphargus* group in Japan. *Biogeographia (Trans. Biogeogr. Soc. Jap.)*, 16—19: 146—152.
- . Mayfly nymphs. *Fauna and Flora of Nepal Himalaya: Scientific Results of the Japanese Expeditions to Nepal Himalaya 1952—1953*, 1, Kyoto, 1955, 301—316.
- . Cladocera of „Sokonashi-ike” of the Tokara Islands, with a summary of the plankton of that lake in the summer of 1953. *Jap. J. Limnol.*, 17: 65—73. (With English summary).
- . (+ HORIE, Shoji): Morphometry of Soné-numa, a shallow lake attached close to Lake Biwa and its feeding drainage. *Jap. J. Limnol.*, 17: 100—107. (With English summary).
- \* 1956. Limnologorum Conventus XIII in Fennia, 1956. *Jap. J. Limnol.*, 18: 79—90.
- . (+ MORIMOTO, Yoshinobu). Bathynellids from the Island of Amami-Oshima. *Annot. Zool. Japon.*, 29: 52—56.
- . More species of *Parabathynella* from Japan. *Annot. Zool. Japon.*, 29: 109—115.
- 1957. Observations on the taxonomy of the bathynellid genera. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., ser. VI, Zool.*, 13, nos. 1-4, Dr. T. UCHIDA Jubilee numbers, 133—138.
- 1958. The disharmonious lakes of Japan. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 13: 217—226. (With German summary).
- . The Lakes of Shimominochi and its Environs, North Shinano, Middle Japan. A Study of Regional Limnology. Iiyama, Nagano Prefecture, 1958, XIV + 219 pp. (With English summary).
- \* 1959. Mayfly and stonefly nymphs. *Illustrated Insect Larvae of Japan., Hokuryukan*, Tokyo, 1959, 28—42 (Plecoptera) and 44—58 (Ephemeroptera)
- . Lake Ōtori-ike. An introductory account of the limnological survey of a mountain lake in the summer of 1959. *Jap. J. Limnol.*, 20: 121—142 (With English summary).

# Bibliography

Prof. Dr. Bohuslav FOTT: „Algenkunde”  
482 pp. 255 figg. 48.90 DM  
Gustav Fischer Verlag, Jena.

It is a long time since the appearance of the second edition of OLMANNS' „Morphologie und Biologie der Algen” (1922—23), and it is about 15 years ago that FRITSCH's „The structure and Reproduction of the Algae” (1935—1945) was published.

Consequently it is suitable that a new survey of these organisms was undertaken. The survey by FOTT is rather too short to give all the new data concerning these organisms, though it is undeniable a work of the greatest value.

But when we see for instance that the ecology and geographical distribution of Cyanophyceae is being treated in three pages, it is clear that the author only communicates the most essential facts pertaining to the subject, and these are not always the facts on which scientific views have changed of late.

The phylogeny and paleontology of the Cyanophyceae is restricted to one page and this is precisely at this moment the crucial algological problem, as some authors claim that blue algae should no longer be considered as algae in the proper sense of the word.

Of course if the author would have treated the subject in more details, his work would have become something like a modern morphology and biology of Algae in the meaning of OLMANNS, or FRITSCH. So we may pose the question if the time has come to publish such a book. Yet it is not the place here to discuss that matter.

Let us say that the author's aim of giving a shorter survey of the algae certainly has been attained.

Those who want a concised handbook will be quite satisfied to have at their disposal this modern „Algenkunde”.

Let us also state that after every chapter the author provides a bibliography where publications from eastern Europe are well represented (as they are also being quoted in the text), so that in this connection we have an excellent modern algology with good references that otherwise are difficult to be obtained.

P. v. O

- SUDZUKI, M. - 1956 - On the general structure and the seasonal occurrence of the males in some Japanese Rotifers VI. Summary in English. *Zool. Magazine* 65, 415—421.
- SUDZUKI, M. - 1957 - Studies on the egg-carrying types in Rotifera II Genus *Brachionus* and *Keratella*. Summary in English. *Zool. Magazine* 66, 11—20.
- SUDZUKI, M. - 1957 - Studies on the egg-carrying types in Rotifera III Genus *Anuraeopsis* *Zool. Magazine* 66, 407—415.
- SUDZUKI, M. - 1958 - Ueber die Stabilität der Zahl der Dotterstocken und ihre Anwendung auf die Rotatoriensystematik I. Genus *Asplanchna*. Summary in German. *Zool. Magazine* 67, 277—285.
- SUDZUKI, M. - 1958 - On the general structure and the seasonal occurrence of the males in some Japanese Rotofers VII. Summary in English. *Zool. Magazine* 67, 348—354.
- SUDZUKI, M. - 1959 - On the general structure and the seasonal occurrence of the males in some Japanese Rotifers VIII. Summary in English. *Zool. Magazine* 68, 1—7.
- SUDZUKI, M. - 1959 - A new Rotifers, *Liliferotracha urawensis* n.g. n.sp.f rom a marsh in Urawa, Japan. *Sci. rep. of the Tokyo Kyoiky Daigaku. Sect. B.* No 134, 9—33.
- THOMAS, R. - 1958 - Sur quelques Euglypha nouvelles ou peu connues observées en Afrique. *Bull. soc. hist. nat. Afrique du N.* 49, 83—92.
- THOMAS, R. & CHARDEZ, D. - 1958 - Etude critique de *Trinema Penardi* nom. nov. *Cahiers des Natural.* 14, 101—104.
- TROUPING, G. - 1959 - Nouvelles plantes aquatiques pour la flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. *Bull. Jard. bot. Etat Bruxelles* 29, 313—317.
- Twenty seventh annual report for the year ended 31 march 1959, Freshwater Biological Association. Contains o.a. List of limnological papers published in the British Isles in 1958.
- UHLMANN, D. - 1959 - Untersuchungen über die biologische Selbstreinigung häuslichen Abwassers in Teichen. *Wiss. Z.K. Marx Univ. Leipzig* 8, 17—66.
- VAAS-VAN OVEN, A. - 1957 - On the use of Marygold (*Tithonia diversifolia* Gray) as green manure in Indonesian carp ponds. *Proc. Indo-pacif. Fish. couns* 7, 1—11.
- VAAS-VAN OVEN, A. - 1957 - Experiments on different stocking rates of the common carp (*Cyprinus carpio*) in nursing ponds. *Proc. Indo-pacif. Fish. Couns.* 7, 13—34.
- VERSLAGEN EN MEDEDELINGEN VAN DE DIRECTIE VAN DE VISSERIJEN No 50 - Jaarcijfers visserij 1958. Official data concerning the Fisheries in the Netherlands.
- VOLLENWEIDER, R. A & O. RAVERA - 1958 - Preliminary observations on the oxygene uptake by some freshwater zooplankters. *Verh. int. Ver. Limnol.* 13, 369—380.

Dr. W. JUNK, PUBLISHERS, THE HAGUE, NETHERLANDS

UITGEVERIJ DR. W. JUNK, DEN HAAG  
PUBLISHERS-VERLAG-EDITEURS

- Biologia et Industria  
Biologisch Jaarboek  
Coleopterorum Catalogus  
Documenta Ophthalmologica  
Enzymologia, acta biocatalytica  
Flora Neerlandica  
Fossilium Catalogus I (Animalia)  
Fossilium Catalogus II (Plantae)  
Hydrobiologia, acta hydrobiologica,  
hydrografica et protistologica  
Monographiae Biologicae  
Mycopathologia et Mycologia Applicata  
Qualitas Plantarum et Materiae  
Vegetables  
Tabulae Biologicae  
Vegetatio, acta geobotanica

## TABULAE BIOLOGICAE

Editors:

G. BACKMAN, Lund - A. FODOR, Jerusalem - A. FREY-WYSSLING, Zürich  
A. C. IVY, Chicago - V. J. KONINGSBERGER, Utrecht - A. S. PARKES, London  
A. C. REDFIELD, Woods Hole, Mass. - E. J. SLIJPER, Amsterdam  
H. J. VONK, Utrecht.

**Scope:** Constants and Data (with some didactic context) from all parts of biology and border-line sciences, selected and established by competent specialists. Quotations of all the original works for further reference. Text in English, French, German. Headings in the index also in Italian and in Latin.

SPECIAL VOLUMES:

|  |                    |
|--|--------------------|
| Vol. XIX: CELLULA (4 parts) complete. 1939-1951.....   | f 148.-            |
| Vol. XXI: DIGESTIO (4 parts) complete. 1946-1954.....<br>part 3/4 Evertebrates (with index) 1954.... | f 290.-<br>f 140.- |

## CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| G. FARRUGIA-FOUGEROUSE: Contribution à la connaissance de l'origine, du métabolisme, et des propriétés biologiques, pour les Algues, des sels minéraux et composés organiques dissous dans les collections d'eau naturelles stagnantes. ( <i>Centre de Rech. Hydrobiol. du C.N.R.S., Gif-sur Yvette, (S. &amp; O.)</i> ) ..... | 1   |
| D. SEYMOUR BROWN: The Ingestion and Digestion of Algae by <i>Chloeon dipterum</i> L. (Ephemeroptera). ( <i>Dept. of Zool., Univ. of Leicester</i> ) .....  | 81  |
| J. W. G. LUND: Some New or Rare Chrysophyceae from the English Lake District. ( <i>Freshwater Biol. Ass., Ambleside, Westmorland</i> ) .....   | 97  |
| A. LOUIS: La germination de la zygospore et l'ontogénèse des filaments chez <i>Spirogyra stictica</i> WILLE. ( <i>Univ. de Louvain</i> ) ...   | 109 |
| D. CHARDEZ: Etudes sur deux Difflugia .....  | 118 |
| Personalia: Masuzô Uéno sixty years .....  | 126 |
| Bibliography .....   | 135 |

Prix d'abonnement du tome  
 Subscribers price per the volume  
 Abonnementspreis pro Band

fl. holl. 45.—  
 Dutch fl. 45.—  
 Holl. fl. 45.—